



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL EL  
FRUTAL 1, ZONA 5 DE VILLA NUEVA**

**Juan Pablo Chiapas Pérez**

Asesorado por el Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL  
CONDOMINIO RESIDENCIAL EL FRUTAL 1, ZONA 5 DE VILLA NUEVA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JUAN PABLO CHIAPAS PÉREZ**

ASESORADO POR EL ING. PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

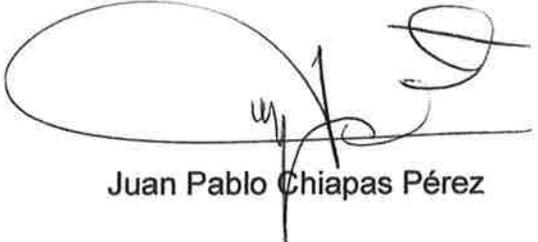
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sherry Lucrecia Ordóñez Castro
EXAMINADOR	Ing. Diego Velásquez Jofre
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDominio RESIDENCIAL EL FRUTAL 1, ZONA 5 DE VILLA NUEVA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de septiembre de 2009.



Juan Pablo Chiapas Pérez



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
 www.ingenieria-usac.edu.gt



/bbdeb.

Guatemala,  
 11 de enero de 2011

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Guatemala

Estimado Ingeniero Montenegro.

En mi calidad de Jefe del Departamento de Hidráulica y Asesor, atentamente y por este medio, envío a usted, el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante Juan Pablo Chiapas Pérez, titulado CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL EL FRUTAL 1, ZONA 5 DE VILLA NUEVA.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley del referido trabajo y habiéndose efectuado todas las observaciones técnicas, el suscrito lo da por APROBADO, solicitándole darle el trámite respectivo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
 Ing. Pedro Antonio Aguilar P  
 Asesor  
 Jefe del Departamento de Hidráulica  
 Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA/  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación del estudiante Juan Pablo Chiapas Pérez, titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL EL FRUTAL 1, ZONA 5 DE VILLA NUEVA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2011.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL CONDOMINIO RESIDENCIAL EL FRUTAL 1, ZONA 5 DE VILLA NUEVA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Pablo Chiapas Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, noviembre de 2011

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres, Aura Engracia y Domingo Eliseo</b>	Por su amor e invaluable apoyo.
<b>Mi esposa, Martha Alicia</b>	Por apoyarme en todo momento, con amor.
<b>Mis hijos, María Fernanda y Christian André</b>	Por ser la razón de mi esfuerzo y superación constante.
<b>Mis hermanas, Yesika y Mónica</b>	Por los momentos que compartimos y por su apoyo.
<b>María Cristina Mejía</b>	Por brindarme su amistad y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios**

Por darme fortaleza y sabiduría para poder culminar con éxito lo emprendido.

**Ing. Pedro Antonio Aguilar P.**

Por dedicarme su valioso tiempo y su asesoría profesional en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

**Lic. Domingo Eliseo Chiapas G.**

Por dedicarme su valioso tiempo y su asesoría profesional en la revisión ortográfica y de redacción del presente trabajo de graduación.

**Todos los compañeros y amigos**

Que colaboraron de una u otra forma a lo largo de toda mi preparación como profesional y en la realización de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1.    CONCEPTOS BÁSICOS	
1.1.    Residuos sólidos .....	1
1.2.    Propiedades y características físicas de los residuos sólidos ...	1
1.3.    Principales tipos de residuos sólidos .....	3
1.3.1.    Residuos orgánicos .....	3
1.3.2.    Residuos inorgánicos .....	3
1.4.    Características y usos de los diferentes tipos de residuos sólidos.....	4
1.4.1.    Residuos orgánicos .....	4
1.4.2.    Residuos inorgánicos .....	6
1.5.    Origen y ubicación de los principales botaderos de basura en los alrededores del condominio en estudio .....	19
1.6.    Obtención de los residuos sólidos .....	32
1.7.    Propiedades y características de los residuos sólidos orgánicos... ..	38
1.7.1.    Humedad .....	38
1.7.2.    Densidad .....	39
1.7.3.    Poder calorífico.....	40

1.8.	Propiedades y características de los residuos sólidos	
	inorgánicos.....	41
1.8.1.	Propiedades químicas.....	42
1.8.2.	Poder calorífico .....	42
1.8.3.	Peso específico y densidad de los residuos	
	sólidos .....	42
1.8.4.	Granulometría .....	43
2.	ESTUDIO DE LAS CARACTERIZACIONES Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	
2.1.	Estudio, cubicación, peso y clasificación de los residuos sólidos .....	45
2.1.1.	Residuos orgánicos.....	56
2.1.2.	Residuos inorgánicos .....	57
2.2.	Análisis del estudio de la caracterización de los residuos sólidos .....	62
2.3.	Estudio de los resultados obtenidos en las encuestas y caracterizaciones de campo de cada una de las muestras.....	62
3.	CÁLCULO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS	
3.1.	Composición de los residuos sólidos en peso y en volumen para todas las categorías .....	63
3.2.	Cálculo de la densidad de los residuos sólidos.....	63
3.2.1.	Sueltos .....	69
3.2.1.1.	Residuos orgánicos.....	69
3.2.1.2.	Residuos inorgánicos.....	70

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1.	Análisis de resultados obtenidos .....	75
4.2.	Determinación de proporciones de los diferentes tipos de residuos sólidos, producción per-cápita contra la cantidad de habitantes por vivienda y su nivel de ingresos	82
4.2.1.	El promedio habitantes por casa .....	82
4.2.2.	Muestra tomada durante 1 mes de 4 semanas.....	82
	CONCLUSIONES .....	85
	RECOMENDACIONES .....	87
	BIBLIOGRAFÍA .....	89



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Preparando el terreno para medir la cantidad y calidad del gas metano que genera el relleno.....	21
2.	El alcalde Álvaro Arzú con Glenn Anders, Director/USAID, observando la prueba de bombeo en el botadero de la basura de la zona 3.....	22
3.	Familias que habitan los botaderos basura .....	24
4.	Camiones recolectores .....	31
5.	Basurero Km. 22.5 carretera al Pacífico (AMSA) .....	32
6.	Basurero Km. 22.5 carretera al Pacífico (AMSA) .....	32
7.	Basurero Km. 22.5 carretera al Pacífico (AMSA) .....	33
8.	Producción total de residuos .....	36
9.	Residuos sólidos en la ciudad capital de Guatemala .....	38
10.	Calculo de la humedad en los residuos.....	39
11.	Calculo del poder calorífico .....	41
12.	Cubo utilizado como tara .....	47
13.	Cubo utilizado como tara para cubicación .....	47
14.	Equipo utilizado .....	48
15.	Separación domiciliar de los residuos sólidos domiciliarios .....	48
16.	Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios por codificación de colores de las bolsas .....	49
17.	Gráfica de caracterización contra peso de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población .....	51

18.	Gráfica de caracterización contra volumen suelto y compactado de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población.....	52
19.	Gráfica de caracterización contra peso de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población .....	54
20.	Gráfica de caracterización contra volumen suelto y compactado de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población.....	55
21.	Gráfica de caracterización contra densidad suelta y compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población.....	65
22.	Gráfica de caracterización contra densidad suelta y compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población.....	67
23.	Gráfica de caracterización contra peso de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población.....	77
24.	Gráfica de caracterización contra volumen suelto de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población .....	78
25.	Gráfica de caracterización contra volumen compactado de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población .....	79

26.	Gráfica de caracterización contra densidad suelta de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población .....	80
27.	Gráfica de caracterización contra densidad compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población.....	81

## TABLAS

I.	Generación de residuos sólidos domiciliarios urbanos y rurales en Guatemala en toneladas métricas .....	35
II.	Código de colores para bolsas recolectoras de basura .....	46
III.	Caracterización, peso y cubicación de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población .....	50
IV.	Caracterización, peso y cubicación de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población .....	53
V.	Caracterización y densidades de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población.....	64
VI.	Caracterización y densidades de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población .....	66

VII.	Caracterización contra peso, volumen suelto, volumen compactado, densidad suelta y densidad compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población .....	68
VIII.	Producción per-cápita diaria del peso, volumen suelto y volumen compactado por persona de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.....	83

## GLOSARIO

<b>Acepción</b>	Cada uno de los significados de una palabra según los contextos en que aparece.
<b>AMSA</b>	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago de Amatitlán.
<b>Aglomerado</b>	Se obtiene a partir de pequeñas virutas o aserrín, encoladas a presión en una proporción de 50% virutas y 50% cola blanca.
<b>Bacteriología</b>	Arte de la Microbiología que estudia a las bacterias.
<b>Biodegradable</b>	Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivos, lo contrario corresponde a sustancias no degradables, como plásticos, latas, vidrios que no se descomponen o desintegran, o lo hacen muy lentamente.
<b>Bacteriología</b>	Arte de la Microbiología que estudia a las bacterias.
<b>Biodegradable</b>	Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivos, lo contrario corresponde a sustancias no degradables, como plásticos, latas, vidrios que no se descomponen o desintegran, o lo hacen muy lentamente.

<b>CEUR</b>	Centro de Estudios Urbanos y Regionales.
<b>Chatarra</b>	Escoria que deja el mineral de hierro viejo o inservible.
<b>Chatarrero</b>	Persona que recoge o vende chatarra.
<b>CONADES</b>	Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos.
<b>Epidemiología</b>	Ciencia que estudia todo lo relativo a las enfermedades transmisibles: causas directas e indirectas, propagación, extinción, prevención, efectos demográficos y económico-sociales.
<b>GTZ</b>	Agencia de Cooperación Alemana.
<b>Guajero</b>	El término “guaje”, de donde deriva “guajero”, tiene diferentes acepciones. En otros países el término tiene connotaciones negativas, relacionadas con bobería, inutilidad social, hacerse el tonto para engañar a otros y significados semejantes. En Guatemala, guaje equivale a trasto; también se refiere a una cosa de poco valor. En el basurero, las personas que se dedican a la recuperación de desperdicios y clasificación manual de basura se denominan a sí mismos, “guajeros”.

La palabra se refiere a una ocupación y no necesariamente implica un juicio de valor negativo. Guajero es entonces toda aquella persona, niño, niña, adulto y anciano que vive y trabaja en áreas destinadas a

la basura, dedicado a la actividad de buscar y clasificar objetos y materiales que puedan ser reciclados; guaje se refiere al objeto o material mismo.

<b>IRA</b>	Infección Respiratoria Aguda.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b>Odorífico</b>	Repugnante e indeseable; eso depende del origen y composición de ésta.
<b>PCI</b>	Poder Calorífico Inferior.
<b>PCS</b>	Poder Calorífico Superior.
<b>Pepenar</b>	Recoger del suelo, rebuscar.
<b>PPC</b>	Producción per cápita.
<b>Pepenador</b>	Persona encargada de pepenar.
<b>PSD</b>	Concentración de Partículas Sedimentales.
<b>PST</b>	Partículas Suspendidas Totales.
<b>SO2</b>	Bióxido de Azufre.
<b>Vertido</b>	Echar un líquido, materia no sólida o sólida de un lugar otro.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación define el método para lograr una adecuada caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el condominio residencial “El Frutal 1”, zona 5 de Villa Nueva, su separación domiciliar y caracterización es de alta importancia como materia prima de segundo orden para la industria o como generador de energía (gas metano, etc.).

Los residuos sólidos domiciliarios no reciclables o de bajo valor remunerativo, son los que en su mayoría causan la problemática al ecosistema, y debido a esto tienden a aumentar en cantidad (peso y volumen).

Si el manejo de los residuos sólidos domiciliarios no es el adecuado dentro de las colonias, condominios, zonas, rellenos sanitarios, etc., pueden ser causantes de enfermedades infectocontagiosas, de la contaminación visual que ocasionan a los paisajes, contaminación ocupacional y otros; implicando esto elevados gastos en salud, ornato, etc.

La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios es uno de los métodos más exactos y de menor costo que se pueda encontrar, éste sirve como parámetro para la implementación de tratamientos para la reutilización de cada uno de los residuos recolectados, en dicha caracterización es necesario contar no sólo con información teórica, sino llevar a cabo una serie de actividades de campo que involucren a la población a servir, la cual será la beneficiada con estos procesos.

En su contenido general, el presente trabajo expone, datos y sugerencias reales para que los residuos sólidos del condominio residencial El Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, con su técnica de caracterización pueda ser utilizado como prototipo y ser aplicado en cualquier otro condominio, colonia, zona, etc.

Finalmente, a partir de la separación, caracterización y clasificación de los residuos sólidos domiciliarios, se logran establecer propuestas y mecanismos de acción que sirvan para que el proceso de generación y disposición de desechos sólidos sea conveniente y sostenible desde el punto de vista económico, ambiental y social.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

### **Específicos**

1. Determinar los procesos, mecanismos y sistemas más adecuados de gestión y manejo, en beneficio del medio ambiente y la salud de la población.
2. Desarrollar un trabajo de graduación que sirva de apoyo a las diferentes agrupaciones de domicilios y/o residencias en cuanto al diseño de una caracterización adecuada de sus residuos sólidos domiciliarios.
3. Determinar los porcentajes de generación de residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, en base al promedio actual de habitantes por domicilio y así poder proyectar la generación de residuos en función del crecimiento poblacional del condominio.
4. Definir las características y contenido de los residuos sólidos domiciliarios del condominio en estudio.



## INTRODUCCIÓN

Al transcurrir los siglos el ser humano se ha visto con la problemática de que cualquiera de sus actividades genera residuos sólidos y por lo mismo ha tratado de buscar distintos métodos para tratar de "desaparecer" los mismos, para que ella no le genere una problemática mayor tal como son las contaminaciones ambientales, epidemiológicas y de ocupación, por lo tanto el hombre se las ha ingeniado inventando, las incineraciones, las pepenas o caracterizaciones, los rellenos, las compactaciones, las trituraciones y el reciclaje, entre otros métodos, sin embargo, casi todos los medios implican una inversión económica de alto costo y por otra parte, no se han obtenido los resultados esperados para la desaparición de los residuos sólidos.

El acelerado crecimiento poblacional, la migración en busca de empleo, la urbanización y los patrones de producción y consumo de la sociedad guatemalteca han ocasionado un incremento en la generación de residuos sólidos y una particular composición de los mismos. Si bien parece ser un problema de urgencia nacional por resolver y que preocupa a la mayoría de sectores (autoridades municipales, gobierno, iniciativa privada, sociedad civil, etc.), las acciones por abordar esta problemática de manera integral, responsable y eficiente son escasas; los datos obtenidos en este trabajo de graduación evidencian las necesidades de crear lo siguiente:

- Agrupaciones de comités, por colonias, condominios o zonas que separen sus residuos sólidos domiciliarios, para una posterior caracterización adecuada de los mismos.

- Cuadrillas recolectoras de residuos sólidos domiciliarios separados para ser caracterizados y evacuados a las diferentes plantas de reciclaje, dependiendo de su origen o aplicación a los que irán para su transformación.
- Plantas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para sus diferentes aplicaciones.
- Plantas de tratamiento de residuos sólidos inorgánicos para sus diferentes aplicaciones.
- Programas de concientización al vecino adulto y al niño acerca de la importancia de la separación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, a efecto de mejorar su calidad de vida.

# **1. CONCEPTOS BÁSICOS**

## **1.1. Residuos sólidos**

Se define por residuo sólido a todo aquel material que se desea eliminar (basura), producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor cero, estos residuos no deben ser necesariamente odoríficos, repugnantes e indeseables, esto depende del origen y composición de los mismos.

## **1.2. Propiedades y características físicas de los residuos sólidos**

Los residuos sólidos se pueden definir por:

- La actividad que les de origen
- Por su composición

Entre los residuos más importantes que se puedan encontrar por la actividad que les de origen están:

- Residuos municipales

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

- Residuos industriales

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

- Residuos mineros

Incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.

- Residuos hospitalarios

A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados. Su composición varía desde el residuo tipo residencial y comercial a los de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

- Residuos domésticos

Son aquellos producidos a raíz de la actividad en los hogares. Una de las principales utilidades de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios es el reducir a su mínima expresión los desechos enviados a los botaderos de basura; dichos esfuerzos tendrán que incluir el reciclaje, para así lograr convertir y/o transformar éstos en energía y abono. Estos restos están compuestos por diferentes tipos de materiales tales como: restos de alimentos, papeles, cartones, plásticos, vidrios, metales y otros, así también en muchos casos, los residuos domiciliarios contienen desechos tóxicos y peligrosos como

las baterías, los medicamentos y los insecticidas.

### **1.3. Principales tipos de residuos sólidos**

Entre los principales residuos sólidos, por su composición, se pueden clasificar en:

#### **1.3.1. Residuos orgánicos**

Son todos los residuos de origen biológico, son biodegradables (se descomponen naturalmente), tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica.

Estos son aquellos desechos que alguna vez estuvieron vivos o fueron parte de algún ser vivo tales como:

- Residuos con resto de alimento
- Residuos con restos de poda y de jardinería
- Residuos con huesos de animales

#### **1.3.2. Residuos inorgánicos**

Son todos los desechos de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural pero no son biodegradables, por ejemplo los envases de plástico. Los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, en muchos casos es imposible su transformación o

reciclaje, por eso seguirán presentes en el planeta dentro de 500 años, algunos son peligrosos y contaminantes, entre estos se pueden encontrar:

- Residuos de plásticos
- Residuos de botellas de vidrio
- Residuos de envases tetra brick
- Residuos de escombros
- Residuos de maderas
- Residuos de papeles y cartones
- Residuos de muebles y electrodomésticos
- Residuos de metales en general
- Residuos de ropa vieja
- Residuos de neumáticos

#### **1.4. Características y usos de los diferentes tipos de residuos sólidos**

Todos los residuos sólidos como se indicó anteriormente, están compuestos por diferentes tipos de materiales desechables tales como:

##### **1.4.1. Residuos orgánicos**

Los residuos sólidos orgánicos son parte fundamental de la estructura epidemiológica y bacteriológica de cualquier población debido a su alta incidencia de enfermedades, ya que en éstos encuentran su hábitat ideal moscas, cucarachas, ratas y otros; encontrando alimento, vivienda y condiciones idóneas para proliferarse. Los materiales de residuos que son orgánicos con restos de alimentos, poda, jardinería, con huesos animales y

derivados del papel, cada vez están siendo más reciclados, debido a que estos residuos se pueden transformar en:

- Compost

Cuando son depositados en un sistema de digestión para controlar el proceso biológico para descomponer la materia orgánica y matar los patógenos. El material orgánico resultante es entonces reciclado como paja o compost para agricultura.

- Bio-gases

Con la digestión anaerobia el compost no es el único producto sino que también se puede encontrar al dióxido de carbono y el metano, que en la actualidad migran hacia la atmósfera, estos dos componentes o gases son factores principales en la producción del efecto invernadero, dado que afectan la capa de ozono. Debería existir una gran responsabilidad en la sociedad sobre este tema y aprovechando mejor este recurso.

Por medio de la pirolisis de los residuos sólidos orgánicos se pueden convertir o transformar en productos sólidos, líquidos o gaseosos, tales como el aceite líquido y el gas, los cuales podrían ser quemados para producir energía.

El residuo sólido puede ser utilizado en productos como el carbón activado. Utilizando la gasificación para transformar los residuos sólidos orgánicos directamente en un gas sintético el cual se encuentra formado por monóxido de carbono e hidrógeno. El gas se puede quemar directamente para producir vapor o en un motor térmico para producir electricidad.

La gasificación se emplea en centrales eléctricas de biomasa para producir la energía renovable y calor.

#### **1.4.2. Residuos Inorgánicos**

Este tipo de residuos sólidos los podemos clasificar de la siguiente manera:

- Residuos de plástico

Entre los principales problemas relacionados con el reciclaje del plástico se ha constituido en un fenómeno de indudable trascendencia, ya que hoy en día el hombre vive rodeado de objetos plásticos que en siglos anteriores no eran necesarios para la vida cotidiana.

Los plásticos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, dando lugar a una industria donde la civilización debería llamarse la civilización del plástico, debido al papel determinante que ha desempeñado este material en su desarrollo, en el mejoramiento de las condiciones de la vida del ser humano y en el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología, en general, las personas tienen muy poco conocimiento sobre lo que es un plástico, cómo se obtiene, cuáles son los tipos de plástico y sus aplicaciones y cuáles son los procesos de transformación del mismo.

Estas informaciones son importantes para quienes trabajan en la comercialización de plásticos e industrias de producción o transformación del mismo. De tal forma surge como necesidad en este proyecto mostrar a una parte importante de la población las graves consecuencias del mal uso del

plástico que va desde la manera de obtención, hasta los procesos que se utilizan para reciclarlos.

Cabe destacar que el plástico es una sustancia muy importante para el desarrollo de la industria ya que su material sintético o natural, que contiene como ingredientes esenciales sustancias orgánicas de elevada masa molecular llamadas polímeros, así mismo surge como problema asociado a la contaminación ambiental, muchas veces producto del desecho de los plásticos de alta y baja densidad, actualmente estos plásticos son muy utilizados a nivel comercial como envases, empaques, objetos varios de sustancias, artículos alimenticios o de uso diario, los cuales son desechados al medio ambiente luego de su utilización, como es evidente esta situación trae graves consecuencias a las comunidades como lo son las enfermedades, entre las cuales se encuentra el dengue; producida por el acumulamiento de basura y estancamiento de aguas negras sirviendo éstos como criaderos del zancudo.

Entre otras de las consecuencias importantes se pueden mencionar las obstrucciones de las tuberías de aguas negras. Aunado a ello el desecho de estos materiales plásticos al ambiente provoca la disminución del embellecimiento de algunas áreas, establecimientos, municipios, ciudades; muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en desventajas al momento que se desechan, ya sean los envases porque son desechables o bien cuando tiran objetos de plástico porque se han roto o deteriorado con el uso.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y

disposición final de los residuos ya que a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

Por sus características los plásticos generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Algunos datos alertan sobre esto. Por ejemplo, un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 6 ó 12 toneladas de plásticos compactados, y apenas 2 sin compactar. Las empresas vienen sustituyendo los envases de vidrio por los de plástico, retornable en un comienzo y no retornable en la actualidad. Esta decisión implica un permanente cambio en la composición de la basura, de esta manera, resulta claro que el abandono de estos materiales al medio ambiente representa un grave problema ambiental.

Un material candidato a sustituir al petróleo es el cáñamo, utilizable para todos los usos petroquímicos, pero que además es 100% biodegradable y altamente reciclable. Este tipo de residuos sólidos por su caracterización son de los más apetecibles para los recolectores, ya que con estos obtienen a cambio una remuneración económica más alta con respecto a los desechos orgánicos. Se puede apreciar que los residuos plásticos, tales como los de envases de líquidos como el del aceite de cocina, no son susceptibles de asimilarse de nuevo en la naturaleza, porque su material tarda aproximadamente unos 180 años en degradarse.

Ante esta cruda realidad, se ha establecido que el reciclado de tales productos de plástico, que ha consistido básicamente en coleccionarlos, limpiarlos, caracterizarlos por tipo de material y fundirlos de nuevo para re-usarlos como materia prima adicional, alternativa o sustituta para el moldeado de otros productos representa una buena alternativa.

De tal manera los seres humanos han obtenido y encontrado la forma adecuada de cómo evitar así la contaminación al ecosistema por estos productos que por su composición, materiales y componentes, no son fáciles de desechar de forma convencional.

Con respecto al aspecto financiero del reciclaje, un proceso adecuado y bien planificado es capaz de generar ingresos atractivos. Por lo antes mencionado, se hace ineludible mejorar y establecer nuevas tecnologías en cuanto a los procesos de recuperación de plásticos y buscar solución a esta problemática tan nociva para el ambiente y que se encuentra a diario en deterioro.

Los plásticos biodegradables, a fines del siglo XX que el valor de petróleo a nivel mundial tuvo un descenso histórico, bajo en gran parte el interés por parte de los recolectores en cuanto al reciclaje, ya que era mayor el trabajo o costo a realizar que el bien económico a recibir por el mismo.

En los últimos meses dicha tendencia se ha revertido, además de producirse un aumento constante en el precio del petróleo y escasez en el monómero de etileno debido a las heladas en USA utilizado éste para calefacción, se ha tomado mayor conciencia de que las reservas petroleras se están agotando de manera alarmante.

Los polímeros biodegradables se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.

- Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables.
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente.

Los principales puntos de interés en cuanto a aplicaciones de los “bio-plásticos”, de acuerdo con la IBAW (Asociación Internacional y Grupo de Trabajo de Polímeros Biodegradables) éstos se centran en sectores específicos de empaque, medicina, agricultura y productos desechables. Debido al avance de la industria en general se han ampliado sus utilidades aplicándolos también en: teléfonos celulares, computadores, dispositivos de audio y video.

De acuerdo a esta información se ha establecido que el 10% de los plásticos que actualmente se emplean en la industria electrónica pueden ser reemplazados por bio-polímeros.

- Residuos de botellas de vidrio

Según estudios efectuados por CONADES (Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos), cada persona produce aproximadamente 37 kg de vidrio al año, los beneficios ambientales que conllevaría su reciclaje serían de gran aportación en la disminución de los residuos sólidos domiciliarios, como factor de contaminante del medio ambiente y un notable ahorro de los recursos naturales, ya que cada kilogramo de vidrio que se recolecta, sustituye en la práctica a 1.2 kilogramos de vidrio virgen.

En el mercado hay envases de vidrio retornables que luego de un proceso automatizado de lavado para desinfección, pueden ser nuevamente utilizados para la misma aplicación o para alguna otra, además pueden ser reutilizados en múltiples oportunidades a un costo mínimo comparado con la fabricación de uno nuevo, el vidrio es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades: 1 kg de vidrio usado produce 1 kg de vidrio reciclado.

El reciclaje consiste en que este tipo de residuos sólidos domiciliarios se deben lavar para desechar así los contaminantes, si existiesen. Ya realizado esto, el vidrio se procesa por fundición a grandes temperaturas, para luego formar de esta manera nuevos envases y una gran variedad de objetos de adorno, este material es uno de los más apetecibles para los recolectores, ya que la inversión física como económica que tendrán que efectuar es de bajos parámetros y así podrán obtener a cambio una remuneración económica atractiva.

En la fabricación del vidrio se utiliza, sílico, que le da resistencia al carbonato de calcio, que le proporciona durabilidad. En el reciclaje del vidrio se utiliza como materia prima la calcina o vidrio desecho. Su fusión se consigue a temperaturas mucho más reducidas que las de fusión de minerales, por ende existe un ahorro energético muy considerable.

- Residuos de envases tetra brick

Su comercialización inicia en 1963, son envases formados de varios materiales tal como los son lámina de cartón, otra de aluminio y otra de plástico. Una de sus grandes ventajas que ofrece al consumidor es su gran ligereza y su capacidad de conservación de los alimentos en condiciones adecuadas.

Se fabrican a partir del papel-cartón sobre el que se imprime el diseño comercial del cliente. Posteriormente se laminan con papel de aluminio y por último un film de polietileno. A partir de los rollos así obtenidos se procede en las plantas de envasado a fabricar los envases.

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios en su recuperación del papel, cartón, plástico y aluminio, se pueden obtener planchas de aglomerado, las cuales se pueden utilizar para la confección de distintos muebles en general, previo a la separación química del aluminio.

- Residuos de escombros

Este tipo de residuos domiciliarios por sus características de origen solo son utilizados en rellenos de terrenos por su misma consistencia a la compresión. El sector de la construcción y demolición es una de las actividades que más residuos sólidos domiciliarios de escombros genera, a pesar del gran volumen producido y del reconocido potencial de reutilización que posee éste tipo de desechos, la mayor parte es llevada a vertederos, siendo éste el método más empleado para la evacuación de los escombros de la industria de la construcción.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se generan en las actividades propias de construcción, remodelación; rehabilitación, reforma y demolición o derribo de casas o infraestructuras, incluidos los de obra menor y reparación domiciliaria. Suponen un componente muy importante en los flujos de residuos locales y regionales, debido a los grandes volúmenes generados.

- Residuos de maderas

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios son los provenientes de los árboles, éstos son de los recursos naturales renovables de los que se extrae la madera. La madera es una de las materias primas principales y esenciales en la fabricación de muchos productos, tales como: papel, envases, embalajes, muebles, materiales de construcción y otros. La utilidad de estos productos tanto en la industria transformadora como en los comercios y hogares, genera también residuos y aunque también son considerados residuos de madera los que se generan en las podas y talas de jardines, bosques y plantaciones.

La producción de madera presenta una tendencia clara al crecimiento, por éste motivo se ve la necesidad de optimizar su utilización, sacando el mayor provecho posible de los residuos. La madera incluida en los residuos sólidos domiciliarios no se logran recuperar de forma individual, estos restos logran aportar energía, en el caso de la incineración.

Uno de los principales destinos de los residuos sólidos domiciliarios de madera es el reciclaje de los mismos, mediante su empleo para la industria como materia prima en una gran parte de sus procesos. Este proceso consiste en la separación de otros materiales, incluidos los que son considerados impurezas, tales como grapas, plásticos, papeles y otros.

La depuración del material suele realizarse de forma manual, posteriormente sigue un triturado y astillado de la madera, la granulometría del astillado suele ser en torno a los 40-50 mm la principal aplicación de la madera astillada es la fabricación de tablero aglomerado. La industria utiliza entre un 60% a 80% de su materia prima secundaria (reciclada), procedente del astillado como consecuencia de los altos costos de la materia prima virgen, el

tablero aglomerado se puede emplear en la fabricación de muebles para cocinas, en el sector de la construcción (suelos, encofrados, cielos falsos, base de cubiertas y otros), en la carpintería industrial (puertas).

Otros residuos sólidos domiciliarios generados por el uso de la madera como el aserrín, cortezas, restos de matorrales no pueden ser reciclados y son aprovechados como combustible. El residuo generado en esta valorización energética consiste en ceniza de madera aprovechable para usos agrícolas.

- Residuos de papeles y cartones

El consumo de papel y de cartón ha venido en crecimiento exponencial a nivel mundial, siendo factor fundamental de éste la cultura y costumbres de cada población, siendo los beneficios del reciclaje de gran aportación para la conservación de nuestro medio ambiente. Entre sus principales beneficios se pueden encontrar:

- Disminución de la necesidad de fibras vegetales y vírgenes
- Disminución del volumen de residuos sólidos domiciliarios
- Disminución de la contaminación atmosférica y de los mantos freáticos
- Disminución de la tala inmoderada de árboles

El papel reciclado se fabrica sin utilizar cloro en su proceso de blanqueado de la pasta. Puede obtenerse papel ecológico a partir de papel reciclado, garantizando la mínima utilización de productos químicos y la depuración de las aguas residuales. Se considera un papel reciclado para escritura e impresión, aquel que como mínimo tiene un 90% en peso de fibras de recuperación.

El papel reciclable no se debe mezclar con papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado, encerado y otros. La fase de separación de la tinta se lleva a cabo mediante la adición de un jabón biodegradable y la inyección de aire, para crear burbujas a las que se adhiere la tinta, la cual se concentra y se transporta a un centro de tratamiento. El rendimiento del papel viejo es alto, un 90% aproximadamente, frente al 50% del rendimiento celulósico de la madera.

- Residuos de muebles y electrodomésticos

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios no se reciclan por lo que se les denominan muertos. Por ello se necesita una gestión adecuada cuando dejan de ser útiles.

En varios países se mencionan que los residuos sólidos domiciliarios especiales son aquellos que requieren de un tratamiento específico, por ende no se deben mezclar con ninguno de los otros residuos sólidos domésticos ordinarios ya que podrían actuar muy negativamente al medio ambiente.

Los cloro-fluorocarburos, más bien conocidos como CFC, son los principales responsables de que los refrigeradores y otros aparatos de refrigeración, que también los contienen, deban considerarse como residuos especiales.

Si los CFC (cloro-fluorocarburos), se liberan a la atmósfera ayudan a apresurar la destrucción de la capa de ozono, que filtra la radiación solar, de manera que una parte importante de los rayos ultra violeta son absorbidos y no llegan a la superficie terrestre, cuando el grosor de la capa de ozono disminuye, se produce un aumento de la radiación ultra violeta que la atraviesa.

Los efectos de este fenómeno son de gran negativismo para la humanidad, por una parte, porque la radiación ultravioleta es nociva para la mayoría de los seres vivos y por otra parte contribuye a la alteración climática. No todo es nocivo, existen piezas metálicas, plásticas, etc., que si pueden ser recicladas por medio de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios.

Los frigoríficos llevan un refrigerante y este producto no está permitido que lleve freones (que no lleve clorados o fluoroclorados), estos freones no se deben volver a la atmósfera y habría que vaciarlos en recipientes totalmente herméticos.

- Residuos de metales en general para reciclar

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios de metales se recuperan en su mayor parte en el sector informal por chatarreros y pepenadores y no existen datos sobre las cantidades de productos manejados. En este apartado se dará especial importancia a los metales más comerciales entre los que están:

- Acero

La recuperación de este tipo de desecho sólido domiciliario se realiza por medio de 3 vías las cuales son:

- Recogida selectiva (contenedor amarillo), frecuentemente o el designado por el caracterizador de residuos sólido domiciliarios por medio de la codificación de por colores).
- Incineración.

- Aportación complementaria (recogida mono-material en áreas de gran consumo y mediante los recuperadores tradicionales: chatarreros).

Los envases de hojalata (hierro), suponen una materia excelente para la fabricación de nuevo acero, dicha recuperación es simple gracias a sus propiedades magnéticas y su reprocesamiento en las acerías es sencillo pues supone una materia prima poco contaminada y fácilmente caracterizable.

Cuando la chatarra procede de múltiples lugares u orígenes, se debe clasificar en función de la pureza y de su contenido en hierro, así, las chatarras de gran pureza o de las que se conoce exactamente su procedencia (latas), pueden ser fundidas sin necesidad de procesos de refinado, mientras que en otros casos necesitan procesos de depuración y añadir los elementos de aleación precisos para obtener las especificaciones deseadas.

El acero utilizado para la re-fabricación de nuevo acero puede proceder de cualquier fuente, quizá la mayor sea la de la industria del automóvil (vehículos chocados o repuestos), la chatarra procedente de residuos de construcción y demolición (tuberías, tapas registradoras, elementos estructurales, etc.), en ocasiones se encuentra contaminada con concreto, madera y otros materiales no metálicos, por lo que es preciso adecuarla para que pueda ser reutilizada. El proceso de reciclaje es complejo, ya que el material, fundido en hornos, debe someterse a un proceso de desestañado y extracción del aluminio.

Reciclar estas latas supone un ahorro del 74% de la energía utilizada en su producción original con materias primas. Con la recuperación del estaño, antes del reciclaje, se obtiene un 70% de estaño válido para su reutilización.

- Aluminio

El reciclaje del aluminio presenta dos ventajas bien definidas:

- El 100% de éste puede ser reciclado indefinidamente sin disminuir sus propiedades y calidad. Un claro ejemplo lo constituyen los envases de aluminio que pueden reciclarse obteniendo un producto con las mismas características y con el que se pueden volver a fabricar envases.
- El proceso de reciclaje supone un ahorro energético del 95% respecto a la producción a partir de la bauxita.

Estas dos circunstancias hacen que el reciclaje del aluminio sea económicamente viable, por lo que se viene recuperando de forma tradicional desde hace muchos años, actualmente se estima que en Guatemala se recupera el 100% del aluminio procedente de recortes industriales, el 100% procedente de latas desechables y el 90% de automóviles y maquinaria. La recuperación de los residuos sólidos domiciliarios de envases de aluminio se lleva a cabo por medio de tres vías:

- Contenedor especializado (compactador), instalado por empresas dedicadas a la separación de desechos sólidos domiciliarios en condominios residenciales, edificios residenciales y otros.
- Contenedor (amarillo frecuentemente o el designado por el recolector), instalados para la recogida selectiva de envases en los condominios residenciales, edificios

residenciales y otros. Los camiones municipales trasladan los residuos a plantas de caracterización, una vez realizada ésta son enviados a los recuperadores (no hay en Guatemala).

- Los envases defectuosos son retirados por los recuperadores directamente desde las fábricas de envasado.

Una vez que el reciclador recibe el material, puede clasificarlo por calidades para su posterior envío a la fundición, donde se obtienen nuevas placas de aluminio, tras sucesivas etapas de laminación, se transforman en bobinas que constituyen la materia prima para fabricar nuevos envases.

### **1.5. Origen y ubicación de los principales botaderos de basura de los alrededores del condominio en estudio**

El origen y ubicación de los principales botaderos de basura de los alrededores del condominio en estudio y el manejo responsable de los residuos sólidos, da origen a los botaderos de basura o mejor conocidos como basureros municipales autorizados, el tirar la basura o residuos sólidos a un botadero de basura controlado es la forma más sencilla y económica de salir de ellos, pero la basura no puede echarse en cualquier sitio (basureros clandestinos), por lo que el terreno donde se sitúa un botadero de basura municipal autorizado deberá cumplir algunas condiciones tales como:

- Estar lejos de cualquier edificio habitado
- No debe haber cerca terrenos cultivables

- Por él no tienen que discurrir corrientes de agua que se puedan contaminar

Para llevar o trasladar los desechos sólidos o basura a los botaderos de basura es necesario recolectarla antes; la basura que los camiones recogen por los condominios, municipios y otros; una vez recolectada, sus ayudantes realizan una previa selección de los mismos, ya que con esto perciben una remuneración extra sobre cada uno de los desechos sólidos separados, entre los más apetecidos por éstos se encuentran: el plástico, metales, papel, cartón y vidrio.

En Guatemala no existe la cultura de la separación de los residuos sólidos para su posterior reciclaje y así contribuir al medio ambiente. En algunos países luego de triturar sus desechos sólidos y de compactarlos se procede a echarles tierra encima., para que éstos puedan convertirse en parques, pistas artificiales de esquí y otros; con esto se contribuye a desaparecer el impacto visual. El problema de estos lugares es que los residuos sólidos orgánicos, tienden a descomponerse y por ende emiten gases contaminantes, como el metano, además, la acumulación de este gas puede producir explosiones e incendios, por lo que los rellenos sanitarios deberían situarse en lugares bien ventilados o encontrarle una utilidad remunerativa y aprovechable.

Tal y como lo realizó el alcalde Álvaro Arzú el 27 de julio de 2005 por la mañana en el botadero de basura “El Trébol”, popularmente conocido como “basurero de la zona 3”, el funcionario, dio inicio a una prueba que permitiría determinar a mediano plazo si el relleno puede ser fuente de energía eléctrica para la ciudad de Guatemala, con lo cual se contribuiría a proteger el medio ambiente y la salud de los guatemaltecos.

La prueba de bombeo se inició cuando Arzú encendió una llama de gas metano que sale del relleno a través de tubos. Con esta prueba se determinó la cantidad y la calidad del gas que el relleno genera (ver figuras 1 y 2.), en la ciudad capital de Guatemala y municipios colindantes existen dos rellenos sanitarios autorizados los cuales son:

- Botadero de basura de la zona 3.
- Botadero de basura AMSA, km 22 carretera al pacífico, Bárcenas, Villa Nueva.

Figura 1. **Preparando el terreno para medir la cantidad y calidad del gas metano que genera el relleno**



Fuente: USAID 27 julio, 2005.

**Figura 2. El alcalde Arzú con Glenn Anders, Director/USAID, Observándola prueba de bombeo en el botadero de basura de la Zona 3**



Fuente: USAID 27 julio, 2005.

- Botadero de basura zona 3

En éste botadero de residuos sólidos (conocido como el relleno sanitario) durante casi 50 años ha sido el destino final de los desechos o residuos producidos por los habitantes del municipio de Guatemala y sus alrededores. En este basurero viven y trabajan familias que se encuentran bajo condiciones de extrema pobreza, sobreviviendo de lo que el resto de la sociedad desecha.

El basurero atiende a la mayoría de municipios del área metropolitana, sin que ellos contribuyan para su operatividad, pero es la municipalidad capitalina la que tiene que sufragar todo ese costo (Q.17 millones al año), aproximadamente el 53% de la basura proviene de otros municipios.

Actualmente, se han identificado 250 sitios en donde se deposita ilegalmente la basura, en 75 de estos sitios (30%) se recoge más de un metro cúbico de basura diariamente. Para erradicar estos sitios, (comúnmente conocidos como basureros clandestinos), el personal del Departamento de Limpieza de la Dirección de Medio Ambiente, trabaja en la recolección de estos desechos y en su traslado al botadero de basura de la zona 3 (que es el único lugar autorizado para depositar los desechos).

La colaboración y participación de los vecinos es muy importante en esta actividad, ya que son ellos los que denuncian la existencia de estos sitios y muchas veces han colaborado en la limpieza de las áreas problemáticas y también, denuncian a los “malos vecinos” que tiran la basura en lugares inapropiados.

Se ha logrado, gracias al esfuerzo compartido de los trabajadores municipales y de los vecinos, la erradicación de algunos de estos basureros clandestinos; y además se han podido recuperar estas áreas, que se convierten posteriormente en áreas jardínizadas, que engalanan a nuestra ciudad (24 calle de la zona 4, frente al Teatro Nacional).

Figura 3. **Familias que habitan los Rellenos Sanitarios**



Fuente: gestión integral de residuos sólidos (GIRESOL).

[http://www.giresol.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=973&Itemid=116](http://www.giresol.org/index.php?option=com_content&task=view&id=973&Itemid=116),  
septiembre 2010.

Según la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos (CONADES), más de dos mil familias viven de los desechos que reciclan del basurero de la zona 3, adonde llega el 60 por ciento de los desperdicios del departamento de Guatemala. El país produce medio kilogramo de basura por habitante, es decir, 6500 toneladas cada año.

De esa cantidad, la mitad se genera en el departamento de Guatemala. Sin embargo, de tales desechos, no todo llega al vertedero de la zona 3. José Tulio González, de CONADES, indica que de la basura que se produce en el departamento de Guatemala, sólo el 60 por ciento se deposita en ese lugar. Un 20 por ciento más es enviado al vertedero del kilómetro 22.5 de la ruta al pacífico (AMSA), y el 20 por ciento restante es tirado en barrancos y ríos.

Ello quiere decir que unas 1950 toneladas llegan cada año al relleno sanitario de la zona 3. Pese a ello, se aprovecha solo el 25 por ciento de los desechos que pueden ser reciclados, según González, con éste 25% se forma un negocio familiar, ya que de éstos residuos sólidos viven más de dos mil familias que residen alrededor del basurero de la zona 3.

Se trata de las personas conocidas como guajeros, quienes ingresan en el vertedero por la entrada principal de la zona 3, que es la autorizada por la municipalidad capitalina, o por un ingreso que no es controlado, por la zona 7. En algunas familias trabajan sólo los padres, en otras, laboran todos los miembros que las integran. Este último es el caso de la familia Foronda Hernández, de la cual trabaja la madre, el padre y dos yernos.

La actividad de esta familia, y de todas las que sobreviven de los desechos sólidos en la zona 3, finaliza cuando entregan lo seleccionado a los intermediarios, quienes, a la vez, lo venden a mayoristas y éstos, a empresas recicladoras. Papel, cartón, metales pesados, aluminio, envases plásticos y nailon son los materiales que los recolectores seleccionan para su venta.

Pero también buscan ropa, alimentos, juguetes y todos aquellos objetos que puedan ser útiles para cubrir las necesidades básicas. En el basurero encuentran mucha de la ropa que visten y de los alimentos que consumen, también en éste las mujeres buscan cosméticos, perfumes y prendas que puedan usar ellas mismas. Existe la percepción de que en el basurero se encuentran “muchas cosas buenas”.

Para muchos niños y niñas además de convertirse en su hábitat, se convierte en el espacio de juego e incluso ellos no participan en las tareas de recolección y clasificación de basura, acostumbran bajar al basurero para buscar juguetes.

El guajero cumple una función social y ambiental de reciclaje. Sin embargo, es visto por gran parte de la población como una de las más lamentables formas de pobreza. Ante la discriminación de que son objeto por trabajar con la basura, los guajeros han optado por hacer del basurero su mundo. En lo posible, evitan contacto con el exterior, de allí que sea inusual ver guajeros por las calles de la ciudad. Sus condiciones de vida han provocado que adultos, jóvenes, niñas y niños tiendan a retraerse y a evitar el contacto. Su mundo es el basurero y las familias guajeras con quienes comparten una existencia por demás miserable.

La falta de afecto y la necesidad del mismo los convierte en personas cuya primera manifestación hacia los extraños es de temor y agresividad. Como seres humanos, los caracteriza una muy baja autoestima, condición que debe ser tomada en cuenta al buscar soluciones. Dentro de la jerarquía de división del trabajo existente en el basurero, el guajero es la última persona en la escala. Le sigue el guajero intermediario, persona que generalmente lleva muchos años en el basurero; trabaja como guajero pero además tiene “empleados”.

A ellos se les paga sobre la base de volumen de producto recolectado y vende éste a fábricas o a intermediarios mayores. Aunque tiene mejores ingresos, esto no incide directamente en su calidad de vida.

Por su parte, el intermediario mayor no tiene contacto directo con la basura pero conoce su valor en el mercado, generalmente compra a los guajeros o a los guajeros intermediarios de acuerdo con una tabla de precios previamente establecida. Vende los productos a representantes de las fábricas, a comerciantes en los mercados minoristas o directamente al público.

González aseguró que los ingresos que obtienen por esas ventas varían, aunque en muchas ocasiones ganan incluso más que el salario mínimo. El basurero, causa de 70% de vecinos enfermos, éste caso pareciera cuestión de puras matemáticas, pero no lo es.

Sin embargo, si se suman entre sí dos datos, se deduce que el 70 por ciento de los vecinos del botadero de basura se enferma con frecuencia, ya que, según dos fuentes que trabajan en el sector, un 40 por ciento de los vecinos del lugar sufre de las vías respiratorias, y un 30 por ciento aparte padece constantemente de males digestivos.

Las partículas tóxicas en el humo que produce la quema de basura y la proliferación de moscas en el área aledaña al botadero de basura, ubicado en la zona 3, son las principales causas de morbilidad de los habitantes de las áreas que rodean el vertedero. Edgar Espinoza, director de la Clínica Familiar Universitaria El Trébol, que se ubica a pocas cuadras del lugar, indica que cada semana se atiende a un promedio de 100 personas, de las cuales el 40 por ciento presenta algún tipo de Infección Respiratoria Aguda (IRA).

De acuerdo con el galeno, la incidencia de la enfermedad se asocia a la inhalación de humo y gases que se generan en el botadero de basura, aunque agrega que el cambio de clima es otro factor de influencia.

No obstante, cuando se registran incendios, la cifra llega a quintuplicarse, la basura quemada genera monóxido de carbono, que al unirse con la hemoglobina de la sangre, interrumpe la circulación de oxígeno al corazón, cerebro y músculos. Un estudio de impacto ambiental, hecho por la empresa Carvel, señala que las Partículas Suspendidas Totales (PST), sobrepasan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), de esa cuenta, Espinoza asevera que cada año hay un incremento del 20 por ciento en la prevalencia de IRAS, que afecta principalmente a los niños menores de cinco años.

A su criterio, la mayoría acude al centro asistencial cuando la enfermedad ya está avanzada, por lo que, de permanecer expuestos a los contaminantes por 10 ó 15 años más, los pacientes corren el riesgo de desarrollar enfermedades severas, tales como bronquitis crónica, asma y enfisema pulmonar, otro 30 por ciento de las personas que frecuenta la referida clínica padece de enfermedades diarreicas, entre las que el parasitismo endémico *Giardia lambía* es la más frecuente.

Las estadísticas de la Asociación Médica Monte María, que atiende principalmente a la población afectada por contacto directo con los residuos sólidos, es decir, los guajeros, confirman lo anterior, pues durante los meses de octubre a diciembre de 2001, se atendieron a 145 personas, de las cuales 75 padecían enfermedades pulmonares y otras 35 sufrían males digestivos. Carmen Ventura, presidenta del referido centro de asistencia, indica que el 75 por ciento de los pacientes con problemas respiratorios presenta asma, bronquitis e hiperactividad bronquial, mientras que un 15 por ciento padece neumonías.

No sólo los guajeros sufren los efectos de convivir con un botadero, no sólo afecta a las 800 personas que viven de la recolección de los desechos. Un estudio efectuado por Julia González Deras, de la Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales, señala que las viviendas ubicadas en la zona 1, 2, 3, 7, 8 y parte de la 12 también son inundadas por la pestilencia y los gases contaminantes, sobre todo en época seca. Si hay incendios, los vientos diseminan los efectos de la contaminación, que se extienden en un radio de 12 kilómetros, aunque los más perjudicados son las casi mil familias que residen en la parte sur del basurero, ya que los vientos corren hacia esa dirección.

Según estudios de monitoreo efectuados por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos, el fuego registrado a inicios del 2000 produjo un incremento en el nivel de dióxido de nitrógeno en la Avenida Bolívar, que alcanzó 79 microgramos cúbicos, cuando el promedio se mantiene en 40. La cantidad de vectores que proliferan en los botaderos a cielo abierto va desde roedores, insectos y aves de rapiña, hasta animales domésticos. En el caso de las moscas pueden llegar a tener un radio de acción de hasta siete kilómetros. Se suma a lo anterior la posibilidad de que los alimentos se contaminen en mercados por la cercanía de los residuos sólidos al aire libre, señala el informe.

No obstante, Gladys de Medina, directora del Centro de Salud de la zona 3, difiere en cuanto a la causa de las enfermedades que se observan en ese sector, a su criterio, durante la semana del 11 al 18 de febrero del 2001 se contabilizaron 21 casos de IRAS, especialmente en menores de cinco años, pero atribuyó la razón de los padecimientos a la contaminación en general, incluyendo la que genera la combustión de vehículos.

Desde octubre del 2000, la municipalidad de Guatemala trabaja en el sellamiento del botadero de basura, por lo que diariamente se cubren los residuos depositados con 30 camionadas de material selecto, informó Sergio Veliz de Metrópolis 2010, en su opinión, esta actividad logra eliminar en parte los malos olores causados por los llamados lixiviados (líquido emanado por la descomposición de la basura).

Asimismo, evitar incendios, pues también se construirán tuberías que extraerán los gases emanados. Con esto se reduce el impacto negativo del basurero en un 60 por ciento, ya que las 1200 toneladas de basura son cubiertas con selecto.

- Botadero de basura AMSA a Km. 22.5 carretera al Pacífico Bárcenas Villa Nueva

El botadero de Villa Nueva recibe diariamente un promedio de 300 toneladas métricas de basura, que es ordenada y reciclada por una planilla de recolectores, y se estima que puede generar un megavatio de energía limpia, suficiente como para abastecer alrededor de 10 mil hogares o iluminar las calles del municipio.

Por esto es que la firma inglesa Carbón Trade planea invertir alrededor de US\$3 millones para generar electricidad mediante gas metano en el basurero de Villa Nueva. El procedimiento para generar energía conlleva a la descomposición de la basura que genera gas metano, uno de los principales contaminantes y causantes del cambio climático, el cual se entuba y envía a quemadores para generar electricidad.

Carbón Trade también mantiene negociaciones con la municipalidad de Quetzaltenango y con la familia Mini, que administra el basurero de la zona 3, a fin de invertir en ambos rellenos en la generación de energía y certificados de carbono, pues la sola operación del basurero de Villa Nueva no les genera el suficiente retorno para el monto de la inversión.

La firma británica Carbón Trade ganó la concesión realizada por la Autoridad para el manejo sustentable de la Cuenca y el Lago de Amatitlán (AMSA) que administra el basurero, en el 2007 realizó perforaciones de pozos para hacer un estudio sobre la viabilidad del proyecto, teniendo un resultado exitoso con el objetivo es generar energía en un futuro próximo, señaló el gerente de la oficina para Latinoamérica, Christian Siliézar.

Figura 4. **Camiones recolectores**



Fuente: el periódico.

<http://www.elperiodico.com.gt/es/20080225/economia/49050/?tpl=73&height>, septiembre 2010.



Figura 7. **Basurero Km. 22.5 carretera al Pacífico (AMSA)**



Fuente: el periódico. <http://www.elperiodico.com.gt/es/20080405/temasdeinteres/51864/>,  
septiembre 2010.

### **1.6. Obtención de los residuos sólidos**

En el perfil ambiental de Guatemala publicado en el 2004, se presentaron estimaciones sobre la generación de desechos sólidos domiciliarios utilizando las proyecciones de población por municipio y departamentos. Los datos del XI Censo de Población y VI de Habitación del 2002 permiten afinar los resultados presentados y establecer con mayor exactitud la generación urbana y rural de desechos domiciliarios.

En la tabla 1 revela que el departamento de Guatemala genera una tercera parte de la basura del país. Respecto de la generación de desechos sólidos domiciliarios urbanos, a Guatemala (47.36%) le siguen, aunque en menor proporción, los departamentos de Quetzaltenango (6.43%) y Escuintla (4.80%).

En el ámbito rural, la generación es relativamente mayor en los departamentos de Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos y Guatemala, entre ellos generan más del 36% del total producido en el área rural.

La generación diaria de desechos sólidos se estima alrededor de las 4242 toneladas, de las cuales el 54% se producen en las zonas urbanas y el restante 46% en las zonas rurales. La urbanización, con sus evidentes efectos sobre el medio ambiente, conlleva también hábitos de consumo y de actividades por parte de los individuos, lo que implica, asimismo, impactos y consecuencias, dentro de los cuales destaca una creciente generación de desechos sólidos.

La proporción de población urbana y el índice de urbanización son, por lo tanto, variables relacionadas con la cantidad de desechos sólidos generados.

Tabla I. **Generación de residuos sólidos domiciliarios urbanos y rurales en Guatemala en toneladas métricas**

Generación de desechos sólidos domiciliarios urbanos y rurales en toneladas métricas (t), 2002

Departamento	ZONAS URBANAS			ZONAS RURALES			TOTAL GENERADO
	Población	Generación		Población	Generación		%
		t/día	t/año		t/día	t/año	
Guatemala	2,186,669	1091.77	398,494.98	354,912	158.87	57,988.80	29.48
Quetzaltenango	344,858	148.33	54,140.95	279,858	85.95	31,372.28	5.52
Escuintla	256,972	110.61	40,372.92	281,774	100.51	36,684.59	4.98
Chimaltenango	217,922	90.83	33,152.71	228,211	75.94	27,717.59	3.93
Sacatepéquez	208,876	98.27	35,869.46	39,143	17.04	6,218.50	2.72
Huehuetenango	192,099	71.98	26,272.27	654,445	193.03	70,454.61	6.25
San Marcos	173,332	61.65	22,501.16	621,619	171.61	62,639.38	5.50
Suchitepéquez	165,871	68.16	24,877.33	238,074	76.75	28,013.92	3.42
Alta Verapaz	163,012	59.47	21,706.32	613,234	174.37	63,646.33	5.51
Quiché	161,591	52.00	18,978.90	493,919	127.12	46,398.81	4.22
Sololá	150,134	50.31	18,362.94	157,527	41.52	15,154.82	2.16
Totonicapán	121,617	36.49	13,317.06	217,637	54.41	19,859.38	2.14
Petén	110,399	50.42	18,404.76	256,336	90.64	33,081.92	3.33
Jutiapa	105,648	45.29	16,529.82	283,437	102.20	37,304.45	3.48
Santa Rosa	105,061	44.31	16,172.48	196,309	70.20	25,621.38	2.70
Izabal	90,508	40.44	14,759.79	223,798	79.83	29,139.13	2.84
Retalhuleu	87,749	41.39	15,106.96	153,662	57.33	20,925.41	2.33
Chiquimula	78,631	30.30	11,058.58	223,854	68.99	25,181.78	2.34
Zacapa	77,935	37.02	13,511.01	122,232	49.62	18,111.03	2.04
Jalapa	76,689	28.77	10,502.24	166,237	52.85	19,291.89	1.92
Baja Verapaz	58,962	25.12	9,169.80	156,953	55.08	20,104.23	1.89
El Progreso	50,300	22.25	8,119.93	89,190	32.76	11,958.08	1.30
<b>Total</b>	<b>5,184,835</b>	<b>2,305.16</b>	<b>841,382.37</b>	<b>6,052,361</b>	<b>1,936.63</b>	<b>706,868.31</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos del XI Censo de Población y VI de Habitación 2002

Fuente: XI censo de población y vi de habitación 2002.

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día).

Estimación teórica de producción per cápita (PPC), la PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían, en términos generales, la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC. Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de las estadísticas de recolección y utilizando la siguiente expresión:

Figura 8. **Producción total de residuos**

$$P_R = \frac{N_V \cdot N_J \cdot C_P \cdot D_N}{POBLACION}$$

Donde :

$P_R$  = Producción total de residuos sólidos por día  
 $N_V$  = Número de vehículos en operación  
 $N_J$  = Números de viajes por vehículos  
 $C_P$  = Capacidad útil estimada por vehículo en  $m^3$   
 $D_N$  = Densidad de los residuos en el vehículo

Fuente: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>, septiembre 2011.

Otra alternativa estimativa es el comparar con municipios, comunidades, condominios o colonias de situaciones similares de la cual se disponga una información fidedigna.

Pero más que materia orgánica, plásticos, vidrio y metal estos residuos reflejan la composición de cada sociedad, hablan del crecimiento de su población, del poder adquisitivo que ostentan algunos y de la escasez que aqueja a otros, revela un estudio del Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR).

Los individuos con ingresos altos generan 1.69 libras, quienes perciben una renta media 1.24, los estratos bajos 1.21 y los muy bajos 0.65.

La cantidad y calidad de los residuos sólidos domiciliarios puede variar en forma significativa a través del año. Comúnmente en climas templados, la cantidad media diaria, semanal y mensual de residuos está sobre la media anual durante los meses de verano.

Esto es atribuible, en parte, al aumento de la basura orgánica (por hábitos y disponibilidad para consumo), además de las probables actividades de mejoramiento urbano comúnmente realizadas en esta época.

En lugares donde la actividad de mejoramiento durante los meses de temporada de vacaciones puede aumentar en varias veces la media anual, aumentando la proporción de residuos domésticos y comerciales, tal es el caso de Guatemala, que para semana santa y para navidad se eleva el nivel de basura generada por habitante.

Figura 9. **Residuos sólidos en la ciudad capital de Guatemala**



Fuente: el periódico. [21http://www.elperiodico.com.gt/es/20070721/14/41805/](http://www.elperiodico.com.gt/es/20070721/14/41805/), septiembre 2010.

## **1.7. Propiedades y características de los residuos sólidos orgánicos**

Entre sus principales propiedades y características se pueden encontrar:

### **1.7.1. Humedad**

Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura. Se determina generalmente de la siguiente forma: tomar una muestra representativa, de 1 a 2 Kg, se calienta a 80°C durante 24 horas, se pesa y se expresa en base seca o húmeda.

Figura 10. **Calculo de la humedad en los residuos**

$$Humedad = \frac{Peso_{Inicial} - Peso_{Final}}{Peso_{Inicial}} \cdot 100$$

Se expresa en porcentaje  
Si el denominador es  $Peso_{Inicial}$ , se habla de humedad en base húmeda  
Si el denominador es  $Peso_{Final}$ , se habla de humedad en base seca

Fuente: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>, septiembre 2010.

### 1.7.2. **Densidad**

La densidad de los residuos sólidos rellenos depende de su constitución y humedad, porque este valor se debe medir para tener un valor más real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.

- Densidad suelta

Generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos.

- Densidad transporte

Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados.

- Densidad residuo dispuesto en relleno

Se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el relleno sanitario.

### **1.7.3. Poder calorífico**

Esta característica o propiedad de los residuos sólidos domiciliarios se define como la cantidad de calor que puede entregar o transmitir un cuerpo. El poder calorífico es esencial en los procesos de recuperación energética, al igual que el porcentaje de cenizas producido en los mismos. Se debe diferenciar entre poder calorífico inferior y superior.

El poder calorífico superior (PCS) no considera corrección por humedad y el inferior (PCI) en cambio sí. Se mide en unidades de energía por masa, [cal/gr], [Kcal/kg], [BTU/lb], utilizando un calorímetro.

También se puede conocer a través de un cálculo teórico, el cual busca valores típicos de PC por componentes y se combina con el conocimiento de la composición de los residuos:

Figura 11. **Calculo del poder calorífico**

$$PC = n_0 PC_0 + n_1 PC_1 + \dots + n_x PC_x$$

en donde  
 $n_i$  = Porcentaje en peso del componente  
 $PC_i$  = Poder calorífico de  $i$   
Ejemplo : PC plástico es de 9000 (cal/gr), madera 5000 – 6000 (cal/gr)

Fuente: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>, septiembre 2011.

Otra de las principales propiedades y características que se pueden encontrar en los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos son las propiedades químicas, éstas son condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final, la composición química resultante de su conjunto también es muy variable. Es necesario conocer la composición de un residuo concreto para determinar sus características de recuperación energética; y la potencialidad de producir fertilizantes, si es orgánico, con la adecuada relación carbono/nitrógeno.

### **1.8. Propiedades y características de los residuos sólidos inorgánicos**

Al igual que los residuos sólidos domiciliarios orgánicos entre las principales propiedades y características de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos son casi similares y entre ellas están:

### **1.8.1. Propiedades químicas**

Son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final. La composición química, como consecuencia de la enorme variabilidad que experimenta la composición de los residuos sólidos domiciliarios, también es conveniente conocer la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo que su manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización.

### **1.8.2. El poder calorífico**

Es esencial en los procesos de recuperación energética al igual que el porcentaje de cenizas producido en los mismos. Las características calorimétricas de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos determinan el diseño de las instalaciones que deben construirse y la recuperación energética.

La valoración, que es fruto de la propia variabilidad de la composición de los residuos, viene predefinida por el poder calorífico de cada producto.

### **1.8.3. Peso específico y densidad de los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos**

Tiene vital importancia para calcular las dimensiones de los recipientes de basura, tanto de los domicilios privados como de las vías públicas (calles, avenidas, parques y otras.), así como también es un factor básico que determina los volúmenes de los equipos de recolección y transporte para no exceder la capacidad de los rellenos sanitarios.

La densidad puede variar dependiendo del grado de compactación al que se encuentran sometidos los residuos. La reducción de volumen está presente en todas las fases de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios y se emplea para optimizar su proceso de recolección, ya que el gran espacio que ocupan es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan las plantas encargadas de su procesamiento.

El peso específico unitario de cada producto no indica que el conjunto tenga un valor global proporcional al de sus componentes. De hecho, en los hogares, estos valores suelen ser superiores debido a los espacios no utilizados del recipiente que contiene la basura. Sin embargo, conforme vayan siendo agrupados de forma más caracterizada (homogénea), se aproximarán al cálculo matemático que da unos valores medios teóricos para residuos sin compactar.

#### **1.8.4. Granulometría**

Es el grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes. En los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos, representa un valor imprescindible para el cálculo de las dimensiones en los procesos mecánicos de separación y, especialmente, para escoger cribas, tromeles y artilugios similares que basan su trabajo, consistente en la separación, en el tamaño.

Estos mismos valores deben ser tomados con sumo cuidado, puesto que en las operaciones de recolección se afecta a las dimensiones como consecuencia de la compresión o de mecanismos trituradores.



## **2. ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

### **2.1. Estudio, cubicación, peso y clasificación de los mismos**

Para la realización exitosa de esta fase del trabajo de graduación se siguió la siguiente metodología: se realizaron visitas a un 5% de las viviendas (12 de 225 casas) del condominio residencial “El Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, teniendo un promedio de habitantes por hogar de 4 a 5 personas y un ingreso familiar que oscila de Q 6000 – Q 13000.

Una característica muy peculiar de este condominio es que el 90% de los padres de la familia se encuentran comprendidos entre las edades de 25 y 50 y los hijos entre los 2 y 19 años edad.

Se proporcionaron bolsas para así lograr una separación de los residuos domiciliarios que ellos producen durante la semana, siendo éstos evacuadas por los camiones recolectores dos veces por semana y transportándolos a los botaderos de basura autorizados, en este caso es el ubicado en el Km. 22.5 carretera al pacífico Bárcenas Villa Nueva.

Dicha separación domiciliar de bolsas almacenadoras de los residuos sólidos domiciliarios fueron codificadas de la siguiente manera:

Tabla II. **Código de colores para bolsas recolectoras de basura**

<b>Color de bolsa</b>	<b>Residuo sólido</b>	<b>Tipo</b>
rojo	orgánicos	en general
negro	inorgánicos	metales en general
blanco	inorgánicos	papel, cartones y derivados
transparente	inorgánicos	vidrios, madera, derivados varios

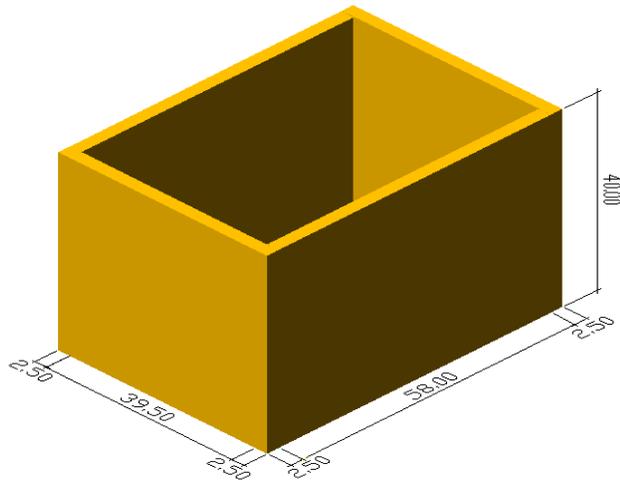
Fuente: elaboración propia.

La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios por sub-categorías fue realizada manualmente, obteniendo los resultados y gráficos que se verán posteriormente en este capítulo y en el siguiente.

Para la cubicación se utilizó un recipiente de madera de las siguientes dimensiones 39.50 cm x 58.00 cm x 40.00 cm (ver figuras 12 & 13), el peso se obtuvo con una báscula cuyas dimensionales fueron en libras ver figura 14.

El proceso de compactación fue efectuado con una tabla de 30.00 cm x 30.00 cm x 1" unido perpendicularmente con un paral de 3" x 3" x 100 cm. formando así un mazo compactador.

Figura 12. **Cubo utilizado como tara**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Cubo utilizado como tara para cubicación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Equipo utilizado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Pre-caracterización de los residuos sólidos domiciliarios**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios por codificación de colores de las bolsas**



Fuente: elaboración propia.

Los muestreos fueron realizados 2 veces por semana, logrando así la obtención de resultados parciales semanales, quincenales y mensuales, cuyos resultados para el mes en el que fue realizado el estudio se presentan a continuación.

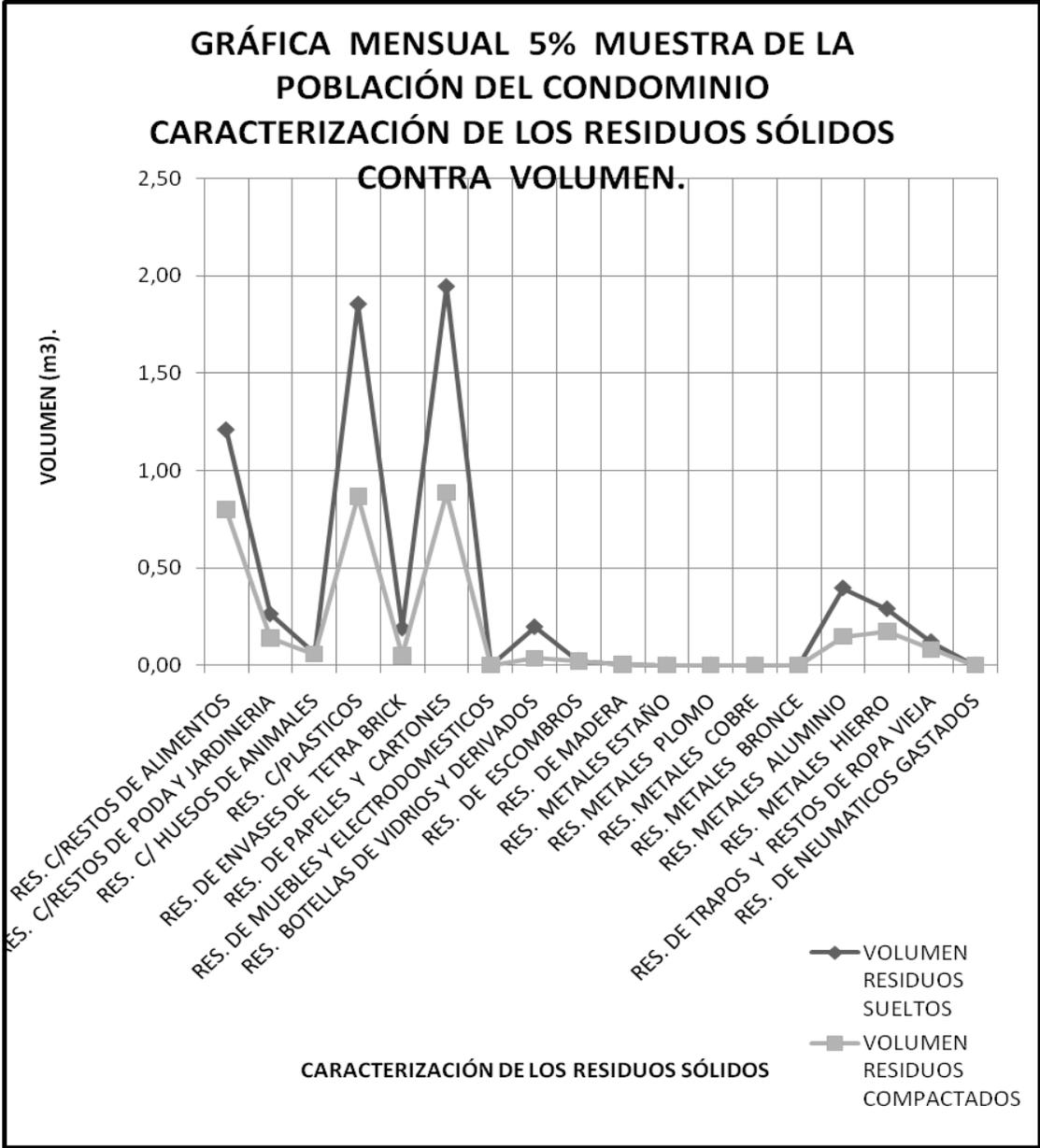
Tabla III. **Caracterización, peso y cubicación de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5 % mensual de la población**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.			FECHA: 09/10/2009		CASA : TODAS
FACULTAD DE INGENIERÍA			PROYECTO: MUESTRA 5% MENSUAL DE LA POBLACIÓN DEL CONDOMINIO.		
COLOR DE BOLSA	RES. TIPO	CLASIFICACIÓN MATERIAL	PESO (Kg)	VOLUMEN SUELTO(m3)	VOLUMEN COMPACTADO(m3)
ROJA 343.41 Kg	OR	RES. C/RESTOS DE ALIMENTOS	276.06	1.21	0.80
	OR	RES. C/RESTOS DE PODA Y JARDINERIA	59.42	0.26	0.14
	OR	RES. C/ HUESOS DE ANIMALES	7.94	0.06	0.06
BLANCO 212.19 Kg	IN	RES. C/PLASTICOS	67.49	1.86	0.87
	IN	RES. DE ENVASES DE TETRA BRICK	8.03	0.19	0.05
	IN	RES. DE PAPELES Y CARTONES	136.67	1.95	0.89
	IN	RES. DE MUEBLES Y ELECTRODOMESTICOS	0.00	0.00	0.00
TRANSP. 30.62 Kg	IN	RES. BOTELLAS DE VIDRIOS	14.74	0.20	0.04
	IN	RES. DE ESCOMBROS	14.29	0.02	0.02
	IN	RES. DE MADERA	1.59	0.00	0.00
NEGRA 43.73 Kg	IN	RES. METALES ESTAÑO	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES PLOMO	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES COBRE	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES BRONCE	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES ALUMINIO	18.01	0.40	0.15
	IN	RES. METALES HIERRO	11.84	0.29	0.17
	IN	RES. DE ROPA VIEJA	13.88	0.12	0.08
	IN	RES. DE NEUMATICOS	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>629.95</b>	<b>6.55</b>	<b>3.25</b>
<b>TOTAL PESO BASURA ORGÁNICA</b>			<b>343.41</b>	<b>SIMBOLOGÍA :</b>	<b>RES = RESIDUOS</b>
<b>TOTAL PESO BASURA INORGÁNICA</b>			<b>286.53</b>	<b>OR = ORGÁNICOS</b>	<b>S = SUELTO</b>
<b>TOTAL PESO BASURA</b>			<b>629.95</b>	<b>IN = INORGÁNICOS</b>	<b>C = COMPACTADO</b>

Fuente: elaboración propia.



Figura 18. **Gráfica caracterización contra volumen suelto y compactado de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población**



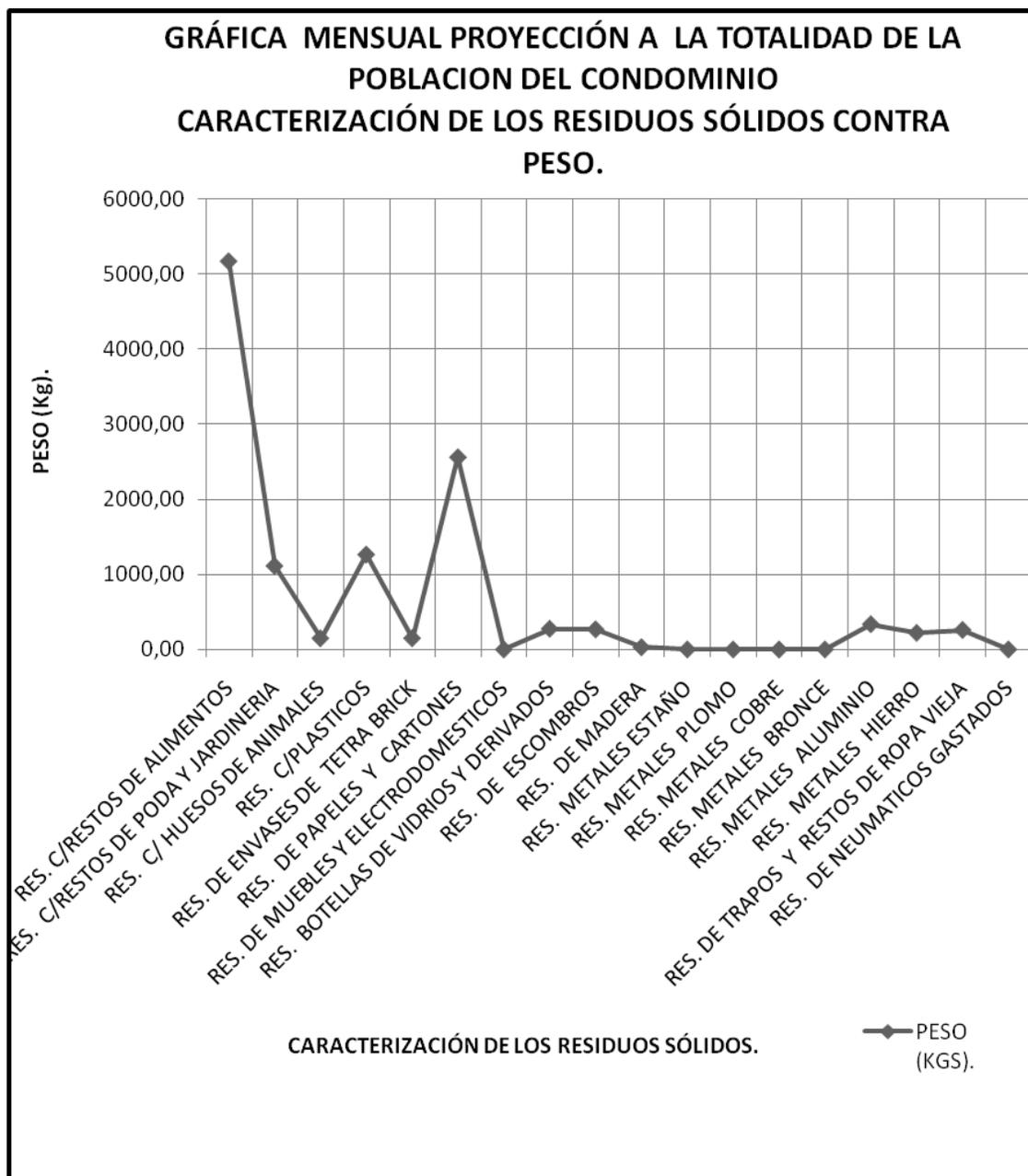
Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Caracterización, peso y cubicación de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.			FECHA: 09/10/2009		CASA : TODAS
FACULTAD DE INGENIERÍA			PROYECTO: PROYECCIÓN A LA TOTALIDAD DE LA POBLACIÓN DEL CONDOMINIO.		
COLOR DE BOLSA	RES. TIPO	CLASIFICACIÓN MATERIAL	PESO (Kg)	VOLUMEN SUELTO(m3)	VOLUMEN COMPACTADO(m3)
ROJA 6439.03 Kg	OR	RES. C/RESTOS DE ALIMENTOS	5176.06	22.68	15.00
	OR	RES. C/RESTOS DE PODA Y JARDINERÍA	1114.14	4.91	2.59
	OR	RES. C/HUESOS DE ANIMALES	148.83	1.15	1.06
BLANCO 3978.57 Kg	IN	RES. C/PLASTICOS	1265.52	34.80	16.23
	IN	RES. DE ENVASES DE TETRA BRICK	150.54	3.53	0.88
	IN	RES. DE PAPELES Y CARTONES	2562.51	36.50	16.62
	IN	RES. DE MUEBLES Y ELECTRODOMESTICOS	0.00	0.00	0.00
TRANSP. 574.08 Kg	IN	RES. BOTELLAS DE VIDRIOS Y DERIVADOS	276.41	3.67	0.66
	IN	RES. DE ESCOMBROS	267.90	0.43	0.39
	IN	RES. DE MADERA	29.77	0.06	0.06
NEGRA 819.87 Kg	IN	RES. METALES ESTAÑO	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES PLOMO	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES COBRE	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES BRONCE	0.00	0.00	0.00
	IN	RES. METALES ALUMINIO	337.64	7.41	2.75
	IN	RES. METALES HIERRO	221.98	5.40	3.23
	IN	RES. DE TROPOS Y RESTOS DE ROPA VIEJA	260.25	2.23	1.50
	IN	RES. DE NEUMATICOS GASTADOS	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>11811.55</b>	<b>122.76</b>	<b>60.97</b>
<b>TOTAL PESO BASURA ORGÁNICA</b>			<b>6439.03</b>	<b>SIMBOLOGÍA :</b>	<b>RES = RESIDUOS</b>
<b>TOTAL PESO BASURA INORGÁNICA</b>			<b>5372.52</b>	<b>OR = ORGÁNICOS</b>	<b>S = SUELTO</b>
<b>TOTAL PESO BASURA</b>			<b>11811.55</b>	<b>IN = INORGÁNICOS</b>	<b>C = COMPACTADO</b>

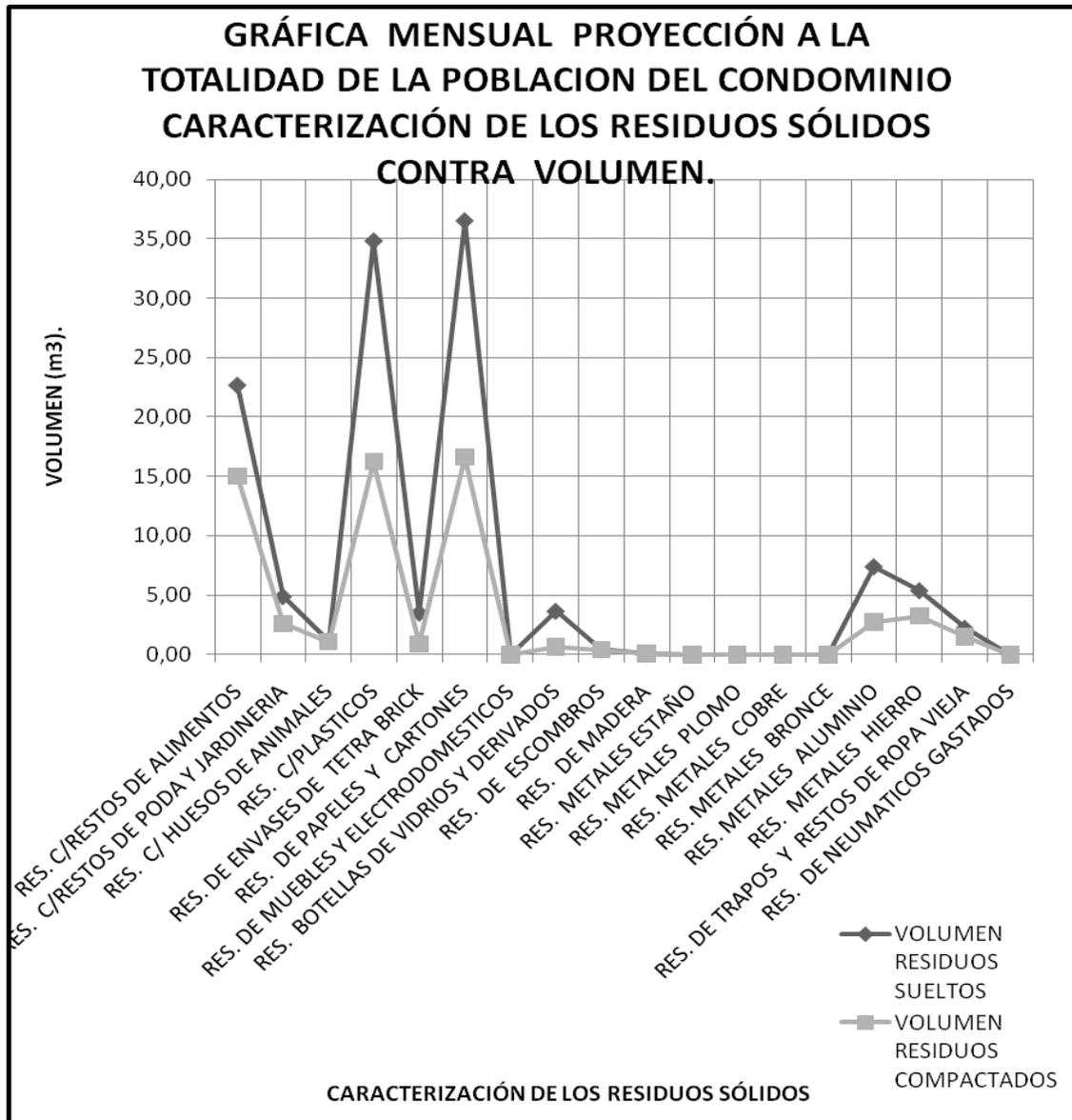
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Gráfica caracterización contra peso de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfica caracterización contra volumen suelto y compactado de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta un análisis de los residuos sólidos por categorías y sub-categorías.

### **2.1.1. Residuos orgánicos**

En el estudio de campo realizado en éste trabajo de graduación, sobre la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios orgánicos se comprobó que éstos representan el 54.51% del peso total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1 de la zona 5 de Villa Nueva, como se puede apreciar en la figura 20. La recolección de estos residuos es realizada en 2 fases:

- Fase A: residuos sólidos domiciliarios generados del lunes al miércoles, la cual es evacuada por lo camiones recolectores el jueves a las 6:00 am.
- Fase B: residuos sólidos domiciliarios generados del jueves al domingo, la cual es evacuada por lo camiones recolectores el lunes a las 6:00 am.

La fase de mayor generación de residuos sólidos orgánicos es la fase B, ya que ésta por ser la de periodo más extenso y porque abarca el fin de semana los condóminos permanecen la mayor parte de su tiempo en sus casas, utilizando más productos orgánicos para su consumo.

En la fase A, la gente opta más por los alimentos de preparación sintética, los cuales generan una mayor cantidad en peso de residuos sólidos inorgánicos, ya que sus viviendas la utilizan un 30% de su tiempo como casa dormitorio.

- Residuos con resto de alimentos

Éste tipo de residuos sólidos domiciliarios representa un 43.82% = 5176.06 kg., de un total de 11811.55 kg (basura recolectada de 225 casas), una característica muy peculiar de este tipo de residuos es que su compactación en volumen es de una variante del 33.86% (m<sup>3</sup>).

- Residuos con restos de poda y de jardinería

Una cualidad de éste tipo de residuos sólidos es cíclica y eventual, ya que varía según el clima, el tiempo libre de los condóminos y la accesibilidad económica para poder efectuar una poda y mantenimiento de sus áreas verdes, solo representan un 9.4% del peso de residuos sólidos recolectados en el mes, en este condominio.

- Residuos con huesos de animales

Estos residuos representan el 1.26% del peso de residuos sólidos recolectados en el mes en este condominio y su porcentaje de compactación es mínima debido a que su estructura puede variar de 0.5% a 7.8%, dependiendo la procedencia de los huesos.

### **2.1.2. Residuos inorgánicos**

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 45.48% del peso total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1 de la zona 5 de Villa Nueva, como se puede apreciar en la tabla VII, está cifra a pesar de ser menor a la de los residuos sólidos domiciliarios orgánicos es alarmante ya que no toda

esta basura es caracterizada para su reutilización y el tiempo que tarda esta en incorporarse a la naturaleza puede tardar cientos y en algunos casos miles de años, generando contaminación. Una de sus características principales es la de la compactación, ya que sus volúmenes son grandes y huecos lo cual es determinante para su almacenamiento.

- Residuos de plásticos

Este tipo de residuos sólidos es de los más apetecidos por los recicladores, ya que con poca inversión de mano de obra se pueden seleccionar y limpiar para su comercialización como materia prima. Representan el 10.71% = 1265.52kg., de un total de 11811.55 kg (residuos recolectados de 225 casas).

- Residuos de botellas de vidrio

Éste también es uno de los apetecidos pero en menor escala debido al riesgo que éste conlleva en manipuleo, representa un 2.34% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, ya que a nivel mundial este a sido casi del todo reemplazado por el plástico, por su costo y fragilidad.

- Residuos de envases tetra brick

Su principal característica son sus grandes volúmenes, poco peso y poder conservante de los alimentos a un costo bajo, éste tipo de empaques es todavía utilizado en menor proporción, ya que apenas inicia tomar gran aceptación en el mercado Guatemalteco, representa un 1.27% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de escombros

Representan el 2.34% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de maderas

Este tipo de residuos sólidos es bajo en proporción de desecho, ya que es utilizado por algunos condóminos para cocinar el fin de semana, reemplazando así el carbón o gas utilizado los días hábiles, representa 0.25% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de papeles y cartones

Al igual que el plástico y el tetra brick, éste también se caracteriza por sus grandes volúmenes y altas propiedades de compactación; es también recolectado, pero debido a su bajo valor remunerativo en el mercado de las materias primas reutilizadas, el recolector tendrá que reunir una mayor cantidad en kilogramos para obtener una ganancia atractiva, los recolectores lo trabajan como un extra, representa el 21.69% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, con un 54.46% de compactación en metros cúbicos.

- Residuos de muebles y electrodomésticos

Este tipo de residuos es eventual con 0% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio.

- Residuos de metales

En general para reciclar, éste es uno de los más apetecidos, ya que con poco volumen pueden obtener mejor ganancia, según peso, ya que el tamaño es un factor muy importante para el costeo del flete, representa el 4.74% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, el 95% es representado por latas, por ende su volumen es relativamente significativo, con un 53.31% en metros cúbicos.

- Estaño

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Plomo

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Cobre

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Bronce

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Aluminio

Éste es uno de los metales más utilizados a nivel doméstico, debido a que el consumo de los condóminos de bebidas que vienen en esta presentación es

más frecuente, tendiendo a un aumento significativo los fines de semana, feriados, descansos o días de pago, representa el 2.86% de un total de 11811.55 kg (residuos recolectados de 225 casas), con un 62.89% en metros cúbicos de compactación.

- Hierro

De los residuos sólidos domiciliarios de metales, el hierro es uno de fácil obtención pero de poca remuneración, ya que es comprado por quintal y tonelada. Su manipuleo es complicado por su poco volumen y elevado peso, representa el 1.88% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, con un 49.81% en metros cúbicos de compactación, ya que el 95% de los derivados de éste son latas.

- Residuos de ropa vieja

Es uno de los residuos sólidos domiciliarios que no tienen ninguna reutilización en la industria, solo sirve de vestimenta para los guajeros, representa el 2.20%, con un 32.73% de compactación.

Dependiendo la procedencia de sus fibras puede oscilar su tiempo de incorporación al ecosistema sin causar contaminación.

- Residuos de neumáticos

Este tipo de residuos es eventual con 0% del peso total mensual de residuos sólidos del condominio, ya que en su mayoría son manipulados en talleres.

## **2.2. Análisis del estudio de la caracterización de los residuos sólidos**

En este trabajo de graduación se pudo apreciar que las variantes principales para el aumento de los residuos sólidos domiciliarios son la fecha (feriado, descanso o día de pago), el poder adquisitivo entre un condómino y el otro, sus hábitos y costumbres, el clima.

El mayor porcentaje de estos residuos domiciliarios lo representan los orgánicos, los cuales pueden ser reutilizados al 100%, por medio de compost, concentrados, energía, etc., pero éste tipo de transformación solo se podrían dar a gran escala con la ayuda municipal, internacional o privada debido a su alto costo. En cambio los residuos sólidos inorgánicos pueden ser manipulados y preparados para su reutilización por personal poco o nada calificado, teniendo un costo bajo, éste último siendo factor fundamental para la contaminación si no es tratado de inmediato.

## **2.3. Estudio de los resultados obtenidos en las encuestas y caracterizaciones decampo de cada una de las muestras**

Se determinó que el 93% de las viviendas poseen de 4 a 5 habitantes, las viviendas que reflejan mayor porcentaje en los residuos sólidos orgánicos poseen hábitos alimenticios sanos a diferencia de los que poseen residuos sólidos inorgánicos. Otro factor importante es que si uno o más de los miembros ingiere bebidas aumenta considerablemente sus residuos sólidos domiciliarios de metales, vidrios y plásticos. Si tienen niños menores a los 3 años los consumos y evacuación de papel es de trascendencia alta en sus residuos sólidos, si poseen mascotas decrecen sus residuos sólidos orgánicos con restos de alimentos o con huesos de animales.

### **3. CÁLCULO Y CUANTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **3.1. Composición de los residuos sólidos en peso y en volumen para todas las categorías**

Su principal variante para que el material sea más o menos denso es su volumen y en el espacio, ya que el peso siempre será una constante como podemos apreciar en las figuras 23 a la 27.

#### **3.2. Cálculo de la densidad de los residuos sólidos**

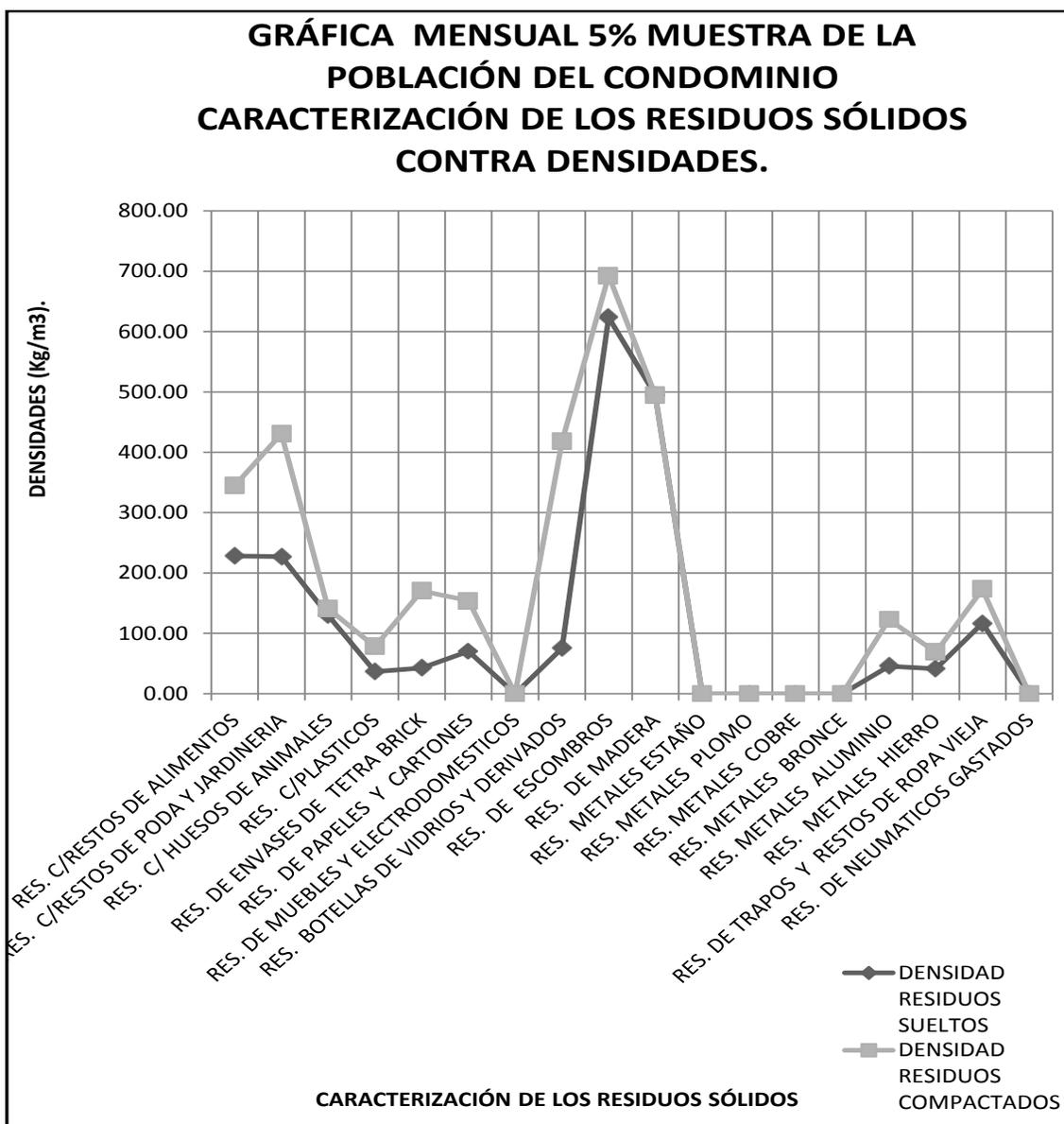
Los resultados obtenidos de las densidades tanto suelta como compactada de los cálculos realizados, se pueden apreciar en tablas V y VI así como también su esquematización en las gráficas 21 y 22 que se encuentran a continuación:

Tabla V. **Caracterización y densidades de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.				FECHA: 09/10/2009		CASA : TODAS	
FACULTAD DE INGENIERÍA				PROYECTO: MUESTRA 5% MENSUAL DE LA POBLACION DEL CONDOMINIO.			
COLOR DE BOLSA	RES. TIPO	CLASIFICACIÓN MATERIAL	PESO (Kg)	VOLUMEN SUELTO (m3)	VOLUMEN COMPACTADO (m3)	DENSIDAD SUELTO (Kg/m3)	DENSIDAD COMPACTADO (Kg/m3)
ROJA 343.41 Kg	OR	RES. C/RESTOS DE ALIMENTOS	276.06	1.21	0.80	228.26	345.06
	OR	RES. C/RESTOS DE PODA Y JARDINERIA	59.42	0.26	0.14	227.12	430.84
	OR	RES. C/HUESOS DE ANIMALES	7.94	0.06	0.06	129.77	140.85
BLANCO 212.19 Kg	IN	RES. C/PLASTICOS	67.49	1.86	0.87	36.36	77.96
	IN	RES. DE ENVASES DE TETRA BRICK	8.03	0.19	0.05	42.68	170.12
	IN	RES. DE PAPELES Y CARTONES	136.67	1.95	0.89	70.21	154.22
	IN	RES. DE MUEBLES Y ELECTRODOMESTICOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRANSP. 30.62 Kg	IN	RES. BOTELLAS DE VIDRIOS Y DERIVADOS	14.74	0.20	0.04	75.35	417.83
	IN	RES. DE ESCOMBROS	14.29	0.02	0.02	623.66	692.96
	IN	RES. DE MADERA	1.59	0.00	0.00	494.97	494.97
NEGRO 43.73 Kg	IN	RES. METALES ALUMINIO	18.01	0.40	0.15	45.54	122.81
	IN	RES. METALES HIERRO	11.84	0.29	0.17	41.11	68.72
	IN	RES. DE TRAJOS Y RESTOS DE ROPA VIEJA	13.88	0.12	0.08	116.51	173.10
	IN	RES. DE NEUMATICOS GASTADOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>629.95</b>	<b>6.55</b>	<b>3.25</b>	2131.53	3289.45
<b>TOTAL PESO BASURA ORGÁNICA</b>			<b>343.41</b>	<b>SIMBOLOGÍA :</b>		<b>RES = RESIDUOS</b>	
<b>TOTAL PESO BASURA INORGÁNICA</b>			<b>286.53</b>	<b>OR = ORGÁNICOS</b>		<b>S = SUELTO</b>	
<b>TOTAL PESO BASURA</b>			<b>629.95</b>	<b>IN = INORGÁNICOS</b>		<b>C = COMPACTADO</b>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Gráfica caracterización contra densidad suelta y compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, muestreo 5% mensual de la población



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Caracterización y densidades de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.				FECHA: 09/10/2009		CASA : TODAS	
FACULTAD DE INGENIERÍA				PROYECTO: PROYECCIÓN A LA TOTALIDAD DE LA POBLACION DEL CONDOMINIO			
COLOR DE BOLSA	RES. TIPO	CLASIFICACIÓN MATERIAL	PESO (Kg)	VOLUMEN SUELTO (m3)	VOLUMEN COMPACTADO (m3)	DENSIDAD SUELTO (Kg/m3)	DENSIDAD COMPACTADO (Kg/m3)
ROJA 6439.0 3 Kg	OR	RES. C/RESTOS DE ALIMENTOS	5176.06	22.68	15.00	228.26	345.06
	OR	RES. C/RESTOS DE PODA Y JARDINERIA	1114.14	4.91	2.59	227.12	430.84
	OR	RES. C/ HUESOS DE ANIMALES	148.83	1.15	1.06	129.77	140.85
BLANCO 3978.5 7 Kg	IN	RES. C/PLASTICOS	1265.52	34.80	16.23	36.36	77.96
	IN	RES. DE ENVASES DE TETRA BRICK	150.54	3.53	0.88	42.68	170.12
	IN	RES. DE PAPELES Y CARTONES	2562.51	36.50	16.62	70.21	154.22
	IN	RES. DE MUEBLES Y ELECTRODOMESTICOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRANSP. 574.08 Kg	IN	RES. BOTELLAS DE VIDRIOS Y DERIVADOS	276.41	3.67	0.66	75.35	417.83
	IN	RES. DE ESCOMBROS	267.90	0.43	0.39	623.66	692.96
	IN	RES. DE MADERA	29.77	0.06	0.06	494.97	494.97
NEGRA 819.87 Kg	IN	RES. METALES ALUMINIO	337.64	7.41	2.75	45.54	122.81
	IN	RES. METALES HIERRO	221.98	5.40	3.23	41.11	68.72
	IN	RES. DE TRAPOS Y RESTOS DE ROPA VIEJA	260.25	2.23	1.50	116.51	173.10
	IN	RES. DE NEUMATICOS GASTADOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>			<b>11811.55</b>	<b>122.76</b>	<b>60.97</b>	<b>2131.53</b>	<b>3289.45</b>
<b>TOTAL PESO BASURA ORGÁNICA</b>			<b>6439.03</b>	<b>SIMBOLOGÍA :</b>		<b>RES = RESIDUOS</b>	
<b>TOTAL PESO BASURA INORGÁNICA</b>			<b>5372.52</b>	<b>OR = ORGÁNICOS</b>		<b>S = SUELTO</b>	
<b>TOTAL PESO BASURA</b>			<b>11811.55</b>	<b>IN = INORGÁNICOS</b>		<b>C = COMPACTADO</b>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Gráfica caracterización contra densidad suelta y compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Caracterización contra peso, volumen suelto, volumen compactado, densidad suelta y densidad compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, proyección a la totalidad de la población**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.			FECHA: 09/10/2009		CASA : TODAS		
FACULTAD DE INGENIERÍA			PROYECTO: PROYECCIÓN A LA TOTALIDAD DE LA POBLACION DEL CONDOMINIO				
COLOR	RES.	CLASIFICACIÓN	%	%	%	% DENSIDAD	
DE BOLSA	TIPO	MATERIAL	(Kg)	SUELTO(m3)	COMPACTAD O (m3)	SUELTO (Kg/m3)	COMPACTADO (Kg/m3)
ROJA 6439.03 Kg	OR	RES. C/RESTOS DE ALIMENTOS	43.82	18.47	24.60	10.71	10.49
	OR	RES. C/RESTOS DE PODA Y JARDINERIA	9.43	4.00	4.24	10.66	13.10
	OR	RES. C/ HUESOS DE ANIMALES	1.26	0.93	1.73	6.09	4.28
BLANCO 3978.57 Kg	IN	RES. C/PLASTICOS	10.71	28.35	26.63	1.71	2.37
	IN	RES. DE ENVASES DE TETRA BRICK	1.27	2.87	1.45	2.00	5.17
	IN	RES. DE PAPELES Y CARTONES	21.69	29.73	27.25	3.29	4.69
	IN	RES. DE MUEBLES Y ELECTRODOMESTICOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TRANSP 574.08 Kg	IN	RES. BOTELLAS DE VIDRIOS	2.34	2.99	1.09	3.53	12.70
	IN	RES. DE ESCOMBROS	2.27	0.35	0.63	29.26	21.07
	IN	RES. DE MADERA	0.25	0.05	0.10	23.22	15.05
NEGRA 819.87 Kg	IN	RES. METALES ALUMINIO	2.86	6.04	4.51	2.14	3.73
	IN	RES. METALES HIERRO	1.88	4.40	5.30	1.93	2.09
	IN	RES. DE ROPA VIEJA	2.20	1.82	2.47	5.47	5.26
	IN	RES. DE NEUMATICOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>			100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>TOTAL PESO BASURA ORGANICA</b>			<b>6439.03</b>	<b>SIMBOLOGÍA :</b>		<b>RES = RESIDUOS</b>	
<b>TOTAL PESO BASURA INORGANICA</b>			<b>5372.52</b>	<b>OR = ORGÁNICOS</b>		<b>S = SUELTO</b>	
<b>TOTAL PESO BASURA</b>			<b>11811.55</b>	<b>IN = INORGÁNICOS</b>		<b>C = COMPACTADO</b>	

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.1. Suelos**

#### **3.2.1.1. Residuos orgánicos**

En el estudio de campo realizado durante los meses de septiembre y octubre del año 2009, se lograron obtener los datos tales como: peso, volumen suelto y volumen compactado, comprobando que los residuos sólidos domiciliarios orgánicos sueltos son menos densos que los inorgánicos, representando éstos el 27.45% de la densidad total mensual.

- Residuos con resto de alimentos

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios representan un 10.71% = 228.26 kg/m<sup>3</sup>, de un total de 2131.53 kg/m<sup>3</sup> (basura recolectada de 225 casas), ocupando el tercer lugar en kg/m<sup>3</sup>, del total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos con restos de poda y de jardinería

Este tipo de residuos sólidos orgánicos representan un 10.71% = 227.12 kg/m<sup>3</sup>, de un total de 2131.53 kg/m<sup>3</sup>, del total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos con huesos de animales

Estos residuos sólidos a pesar que su peso total mensual es mínimo y su volumen ocupacional igual tiende a que su densidad suelta sea grande, en

comparación a otros residuos inorgánicos, representan el 6.09% de la densidad suelta de residuos sólidos recolectados en el mes en éste condominio.

### **3.2.1.2. Residuos inorgánicos**

Éstos representan 72.54 % de la densidad suelta total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de villa nueva, uno de éstos residuos sólidos es muy importante para lograr un relleno sanitario estable, ya que estos escombros crean diferentes capas de suelo firme, ya que debido a que su procedencia es de construcciones y por lo regular poseen una estructura estable.

- Residuos de plásticos

Estos representan 1.71 % de la densidad suelta total mensual.

- Residuos de botellas de vidrio

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 3.54% de la densidad suelta total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos de envases tetra brick

Éstos representan 2.00 % de la densidad suelta.

- Residuos de escombros

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 29.26% de la densidad suelta total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos de maderas

Éstos representan 23.22 % de la densidad suelta total mensual.

- Residuos de papeles y cartones

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 3.29% de la densidad suelta total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos de muebles y electrodomésticos

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 0.00% de la densidad suelta, debido a que es poco eventual él botarlos y en muchos casos son reparados para su uso.

- Residuos de metales

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 4.07% densidad suelta.

- Estaño

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Plomo

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Cobre

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Bronce

Debido a su valor cero no se tomaron en cuenta en el análisis.

- Aluminio

Éstos representan 2.14% de la densidad suelta total mensual.

- Hierro

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 1.93% de la densidad suelta total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos de ropa vieja

Estos residuos sólidos domiciliarios representan 5.47% de la densidad suelta total mensual generado en el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva.

- Residuos de neumáticos

Éstos representan 0.00 % de la densidad suelta total mensual.



## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. Análisis de resultados obtenidos**

En la tabla VII, la cual fue producto de los datos recopilados en el campo sobre la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios contra los pesos; volúmenes sueltos; volúmenes compactados; densidades sueltas y densidades compactadas.

En porcentajes, logrando identificar que la mayor proporción de éstos fueron los residuos orgánicos con un total del 54.52% de peso total mensual, su porcentaje de contracción del volumen suelto con respecto al volumen compactado es del 30.67 % (superior a la de los residuos sólidos inorgánicos) y su variante de la densidad suelta con respecto a la densidad compacta es del 1.52%; algunos de los residuos domiciliarios son más susceptibles a su contracción debido a su gran volumen y poca densidad.

Lo indicado anteriormente es de utilidad para la comuna de Villa Nueva, ya que éstos ayudan al ecosistema por sus propiedades de reutilización y además son biodegradables; los que a su vez por medio de su caracterización se pueden transformar en compost, concentrado y gas metano, entre otros.

Debido a que la tecnología de reutilización es de alto costo no ha tenido mayor avance en Guatemala y por ende se ha quedado en un simple proyecto, el de ser ejecutado sería de beneficio para el país y para la empresa que lo

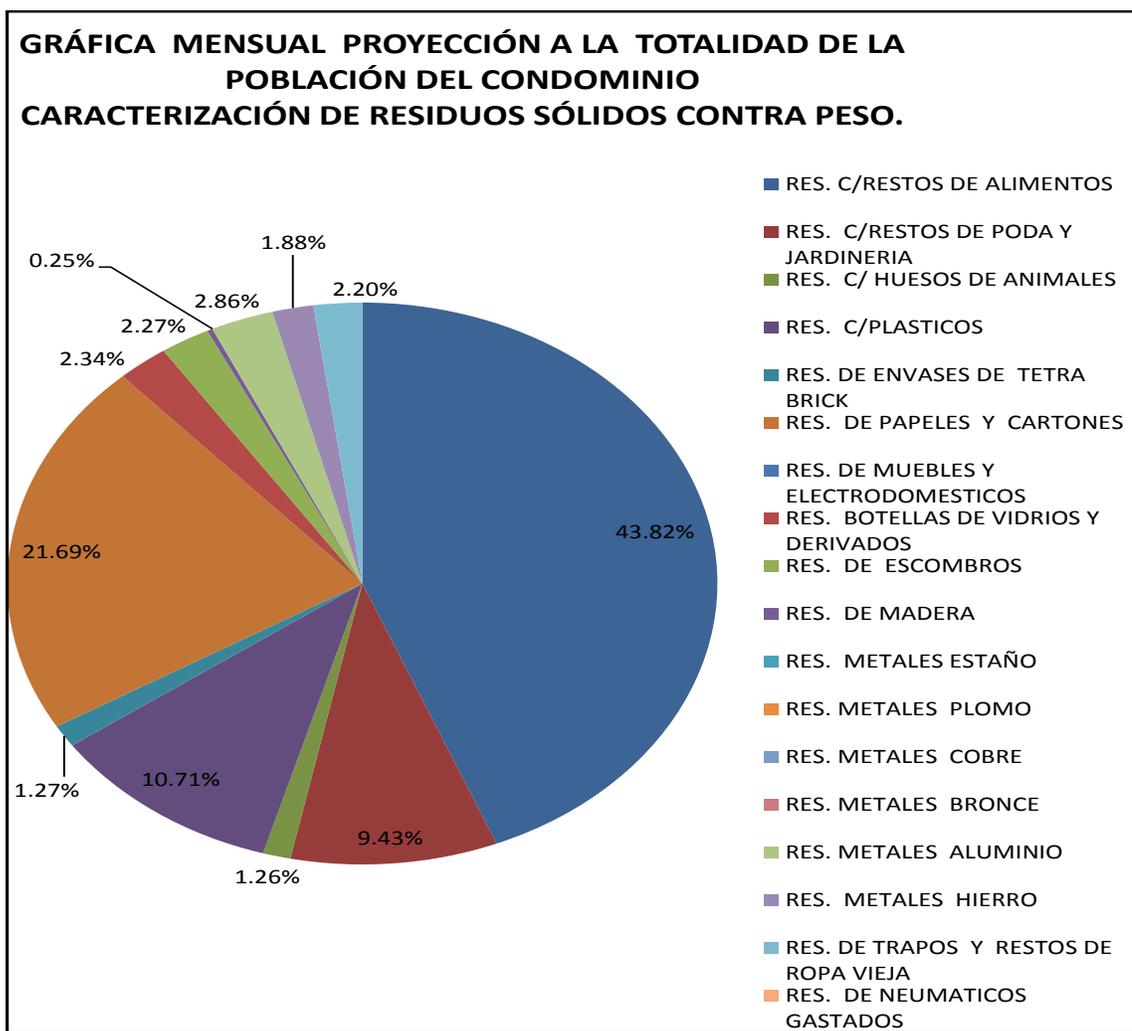
ejecute, ya que la materia prima para generar esta energía sería de muy bajo costo.

Por otra parte, el 45.46% del peso total mensual generado en el condominio residencial el Frutal I, zona 5 de Villa Nueva, es representado por los residuos sólidos domiciliarios inorgánicos, su porcentaje de contracción del volumen suelto con respecto al volumen compactado es del 9.37 % y su variante de la densidad suelta con respecto a la densidad compactada es del 0.57%. Estos residuos sólidos son de los más cotizados por su valor remunerativo al momento de su recolección y bajo costo para su manipulación y comercialización, los cuales se describen a continuación por orden de aportación al botadero de basura:

- Papeles y cartones
- Plásticos
- Aluminio
- Vidrios
- Escombros
- Trapos y ropa vieja
- Hierro
- Tetra brick
- Madera

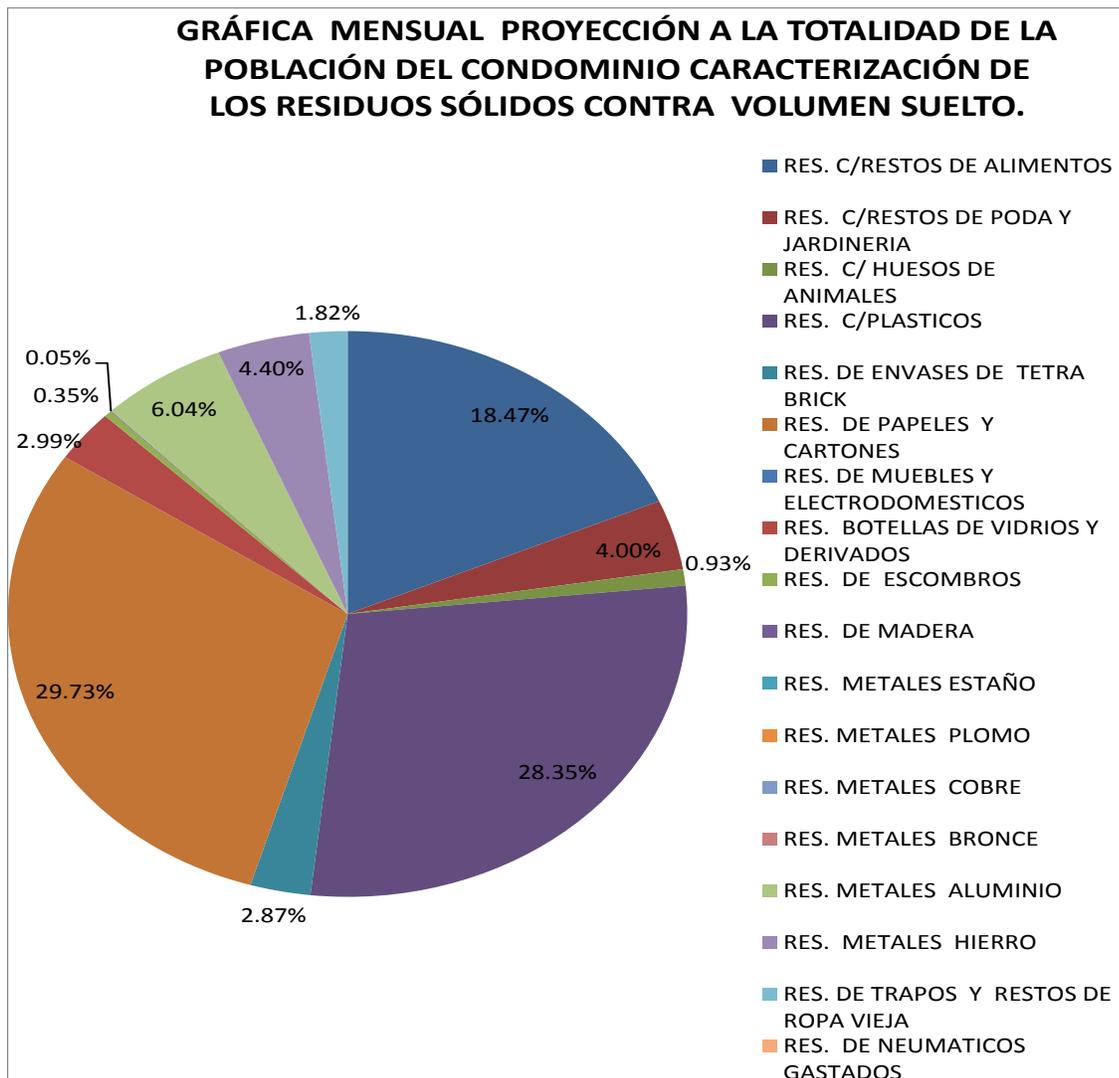
Las literales “a, b, c, d, y g”, son de los pocos residuos domiciliarios que son rápidamente caracterizados y recolectados para su posterior venta como materia prima no virgen, utilizada en la industria para bajar sus costos de producción, la literal “i” es utilizada como combustión para los quehaceres domésticos.

Figura 23. **Gráfica caracterización contra peso de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población**



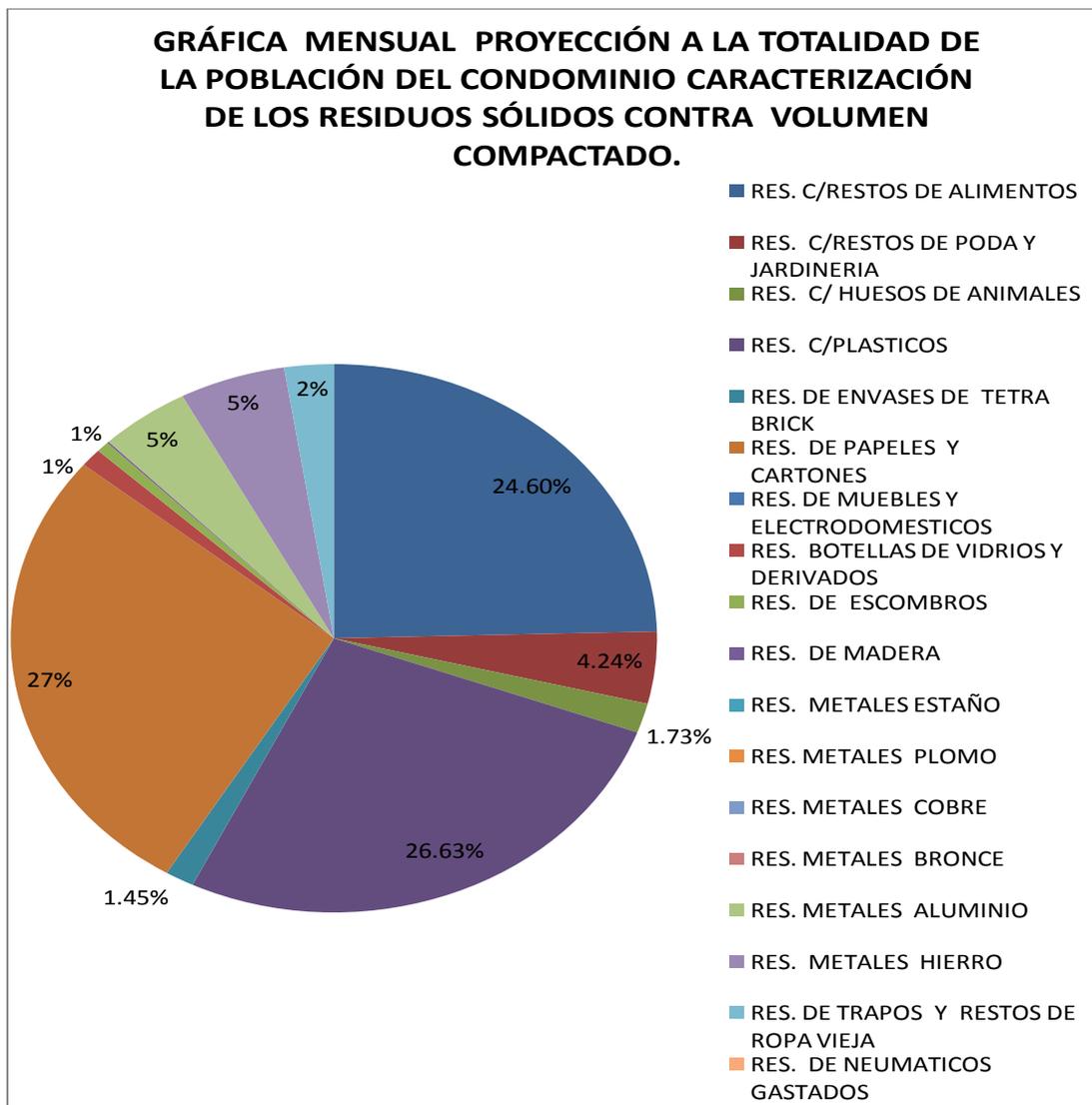
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Gráfica caracterización contra volumen suelto de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población**



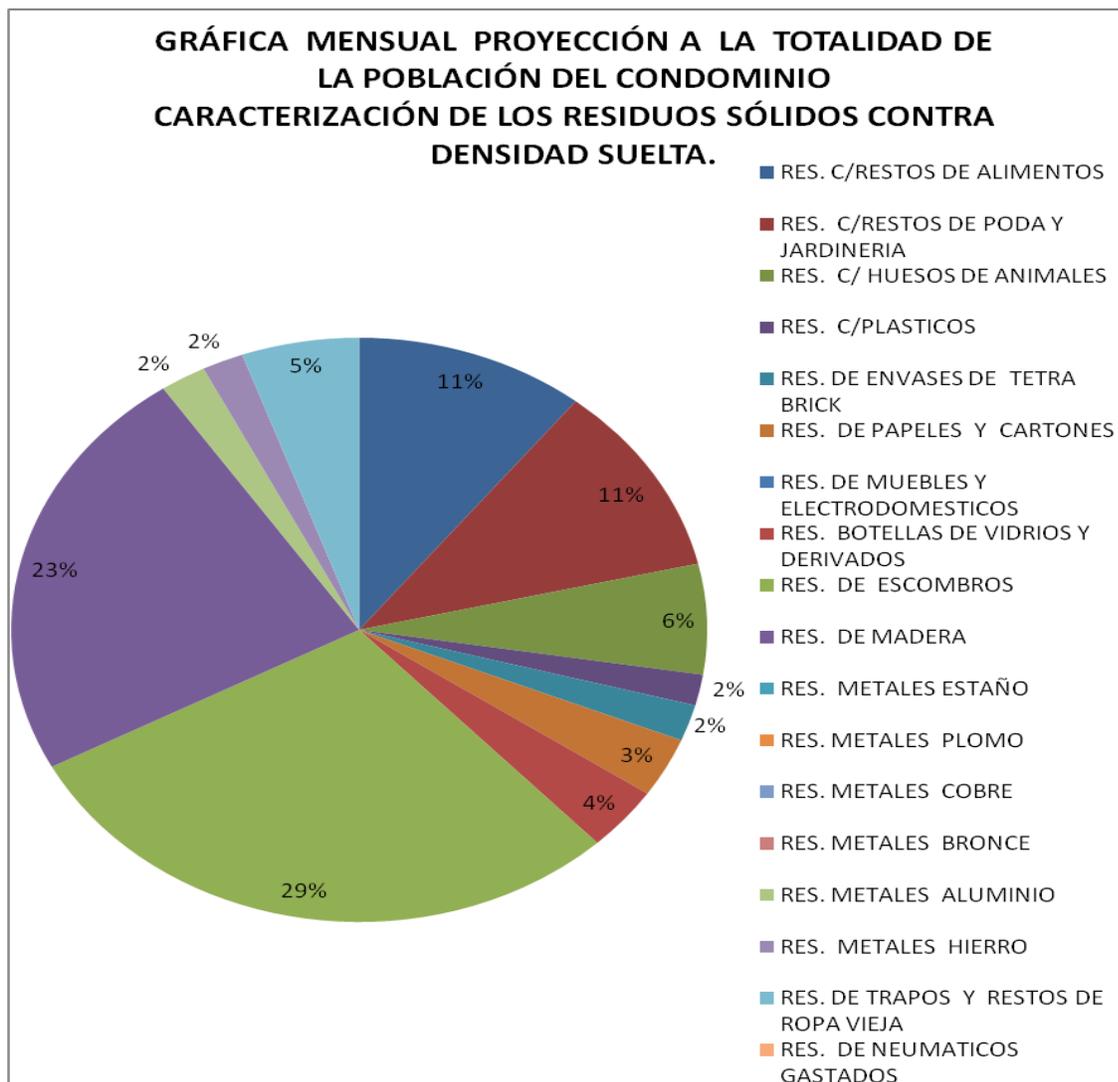
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Gráfica caracterización contra volumen compactado de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población**



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Gráfica caracterización contra densidad suelta de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población**



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Gráfica caracterización contra densidad compactada de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, porcentajes mensuales proyección a la totalidad de la población**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.2. Determinación de proporciones de los diferentes tipos de residuos sólidos, producción per-cápita contra la cantidad de habitantes por vivienda y su nivel de ingresos**

Las gráficas de la figuras 23, 24, 25, 26 y 27, fueron calculadas bajo los siguientes parámetros:

##### **4.2.1. El promedio habitantes por casa es de 4 - 5 habitantes las cuales con conformadas de la siguiente manera**

- Opción 1: Papá, Mamá, 2 hijos = 4 habitantes
- Opción 2: Papá, Mamá, 3 hijos = 5 habitantes
- Opción 2: Papá, Mamá, 2 hijos, abuela = 5 habitantes
- Opción 2: Papá, Mamá, 2 hijos, abuelo = 5 habitantes
- Opción 2: Papá, Mamá, 2 hijos, tío = 5 habitantes

##### **4.2.2. Muestra tomada durante 1 mes de 4 semanas, equivalente a 8 recolecciones de residuos sólidos domiciliarios**

Se determinó que el factor primordial para que una o varias familias aumenten o disminuyan la evacuación de sus residuos sólidos es:

- Si es pago de quincena o fin de mes
- Si es día feriado, descanso o asueto
- Sus costumbres, hábitos y religiones
- Su poder adquisitivo

### 4.2.3. Producción per-cápita diaria

Tabla VIII. Producción per-cápita diaria en peso, volumen suelto y volumen compactado por persona de los residuos sólidos domiciliarios del condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.			FECHA: 09/10/2009		1 PERSONA
FACULTAD DE INGENIERÍA			PROYECTO: PRODUCCION PER-CÁPITA DIARIA.		
COLOR DE BOLSA	RES. TIPO	CLASIFICACIÓN MATERIAL	PESO (Kg)	VOLUMEN SUELTO (m3)	VOLUMEN COMPACTADO (m3)
ROJA 0.2385 Kg	OR	RES. C/RESTOS DE ALIMENTOS	0.1917	0.0008	0.0006
	OR	RES. C/RESTOS DE PODA Y JARDINERIA	0.0413	0.0002	0.0001
	OR	RES. C/HUESOS DE ANIMALES	0.0055	0.0000	0.0000
BLANCO 0.1474 Kg	IN	RES. C/PLASTICOS	0.0469	0.0013	0.0006
	IN	RES. DE ENVASES DE TETRA BRICK	0.0056	0.0001	0.0000
	IN	RES. DE PAPELES Y CARTONES	0.0949	0.0014	0.0006
	IN	RES. DE MUEBLES Y ELECTRODOMESTICOS	0.0000	0.0000	0.0000
TRANSP 0.0213 Kg	IN	RES. BOTELLAS DE VIDRIOS Y DERIVADOS	0.0102	0.0001	0.0000
	IN	RES. DE ESCOMBROS	0.0099	0.0000	0.0000
	IN	RES. DE MADERA	0.0011	0.0000	0.0000
NEGRA 0.0304 Kg	IN	RES. METALES ALUMINIO	0.0125	0.0003	0.0001
	IN	RES. METALES HIERRO	0.0082	0.0002	0.0001
	IN	RES. DE TPAPOS Y RESTOS DE ROPA VIEJA	0.0096	0.0001	0.0001
	IN	RES. DE NEUMATICOS GASTADOS	0.0000	0.0000	0.0000
<b>TOTALES</b>			<b>0.4375</b>	<b>0.0045</b>	<b>0.0023</b>
<b>TOTAL PESO BASURA ORGÁNICA</b>			<b>0.2385</b>	<b>SIMBOLOGÍA :</b>	<b>RES = RESIDUOS</b>
<b>TOTAL PESO BASURA INORGÁNICA</b>			<b>0.1990</b>	<b>OR = ORGÁNICOS</b>	<b>S = SUELTO</b>
<b>TOTAL PESO BASURA</b>			<b>0.4375</b>	<b>IN = INORGÁNICOS</b>	<b>C = COMPACTADO</b>

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. El crecimiento global, producto del desarrollo económico, de un país da como consecuencia el aumento al consumismo, generando así un incremento de los residuos sólidos domiciliarios.
2. En el condominio residencial el Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva, no cuenta con un sistema de separación domiciliar.
3. Los intereses políticos y económicos del país son factores determinantes.
4. La implementación de la separación de los residuos sólidos a nivel domiciliar facilita la disposición final de los residuos sólidos.
5. El presente trabajo de graduación comprobó que la producción per cápita diaria es de 54.51% residuos sólidos orgánicos y el 45.49% son residuos sólidos inorgánicos, representando 0.2385 kg. y 0.1990 kg. respectivamente, por lo mismo su separación domiciliar es de gran importancia para su caracterización y futura reutilización como materia prima de segundo orden en cualesquiera de sus diferentes aplicaciones.



## RECOMENDACIONES

1. Implementar un plan de separación de los residuos sólidos domiciliarios, ésta deberá ser efectuada por los condóminos por medio de la codificación de colores de las bolsas recolectoras, dependiendo de la aplicación de reutilización al que vayan enfocados cada uno de los residuos sólidos.
2. En el sitio de disposición final implementar un plan de caracterización de los residuos sólidos a efecto de establecer un reglamento interno, que rija el actuar de todos y cada uno de los vecinos en la forma de evacuación de sus residuos sólidos, por medio de la separación domiciliar, para así lograr un manejo adecuado de ellos.
3. Se debe elaborar una campaña de concientización de la importancia de la separación de los residuos sólidos domiciliarios y los efectos negativos que puede causar al medio ambiente el no aplicarla.
4. Realizar más estudios de este tipo en los diferentes departamentos de la república de Guatemala.
5. En todos los lugares donde se practique este método de la pre-caracterización de los residuos sólidos domiciliarios debe garantizarse que su proceso no sea factor contaminante al medio ambiente.



## BIBLIOGRAFIA

1. BENAVENTE, Claudia. *Convertirán la basura en energía y bonos de carbono*. El Periódico [en línea].  
<http://www.elperiodico.com.gt/es/20080225/economia/49050>  
[consulta: septiembre 2010].
2. BROWN SALAZAR, Doreen. *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales*. Guatemala: USAID, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 2003. 73 p.
3. FIGUEROA BARRERA, Fredy Saúl. *Aplicación de diseño de un relleno sanitario manual, en el municipio de Sumpango, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004. 202 p.
4. GÁLVEZ CATALÁN, Javier Antonio. *Caracterización de los desechos sólidos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 165 p.
5. GÁRGARO, Michelle. *Basurero causa de 70% de vecinos enfermos, premio de reportaje sobre biodiversidad*. Siglo XXI [en línea].  
<http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=331&c=Guatemala&cRef=Guatemala&year=2001&date=February%202001>,  
[consulta: septiembre 2010].

6. {GÓMEZ PALACIOS, Vera Priscila. *Análisis de la Agenda 21 y su impacto en las políticas sobre el manejo y eliminación de los desechos sólidos en Guatemala*. Trabajo de graduación Licenciatura en Ciencias Políticas. Escuela de Ciencias Políticas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 103 p.
7. Guatemala en USA [en línea]. *Cuántos basureros clandestinos hay registrados*. <http://www.guatemalaenusa.net/No115/trafico.html>, [consulta: septiembre 2010].
8. LÓPEZ SAJQUIM, Débora Paola. *Concesión de servicio público, manejo de desechos sólidos*. Trabajo de graduación Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales. Facultad de Derecho, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 202 p.
9. Ministerios libre infancia[en línea]. *Qué es el basurero*. <http://calefanweb.blogspot.com/2009/08/la-vida-en-elbasurero.html>, [consulta: septiembre 2010].
10. PALMA, Claudia. *Un guatemalteco genera en promedio 434 libras de basura al año*. El Periódico [en línea]. <http://www.elperiodico.com.gt/es/20070721/14/41805/>, [consulta: septiembre 2010].
11. Universidad Rafael Landívar. *Perfil ambiental de Guatemala 2006, tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala: URL 2006. 162 p.

12. VALDEZ, Sandra . *Reciclaje familias que viven del basurero de la zona.* GIRESOL [en línea]. [http://www.giresol.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=973&Itemid=116](http://www.giresol.org/index.php?option=com_content&task=view&id=973&Itemid=116), [ Consulta: septiembre 2010].